

REDUCCIÓN DE RIESGOS EN MAQUINARIAS, POR MEDIO DE
AUTOMATIZACIÓN SEGURA

BAIRON VALLEJO GIRALDO
CRISTIAN FERNANDO CARVAJAL SALAZAR

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
CAMPO PROFESIONAL INGENIERÍA
DOSQUEBRADAS
2022

REDUCCIÓN DE RIESGOS EN MAQUINARIAS POR MEDIO DE AUTOMATIZACIÓN
SEGURA

BAIRON VALLEJO GIRALDO
CRISTIAN FERNANDO CARVAJAL SALAZAR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO INGENIERO ELECTRÓNICO

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO:

JOAN SEBASTIAN BUSTOS, MAGISTER EN INGENIERÍA - AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
CAMPO PROFESIONAL INGENIERÍA
DOSQUEBRADAS
2022

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año) (Fecha de entrega)

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedicamos a nuestras familias que gracias a su apoyo podemos concluir nuestras carreras.

A nuestros padres por ser un apoyo incondicional en este proceso de aprendizaje para la vida personal y profesional, y a pesar de los obstáculos presentados durante esta formación, siempre estuvieron presentes animándonos para lograr nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la empresa Mabe Colombia S.A.S por permitirnos llevar a cabo el presente proyecto aplicado en su planta de producción, logrando minimizar los riesgos de la termoformadora Brown, por brindarnos los recursos económicos para esta ejecución.

De igual forma agradecemos a el cuerpo de docentes de la universidad UNAD por su apoyo durante nuestro proceso de formación profesional, especialmente al tutor Joan Sebastián Bustos, quien nos asesoró para llevar a cabo el proyecto de grado.

CONTENIDO

| | Pág. |
|-----------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| OBJETIVOS | 12 |
| OBJETIVO GENERAL | 12 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| JUSTIFICACIÓN | 15 |
| MARCO TEÓRICO | 17 |
| 4.1 MARCO REFERENCIAL | 19 |
| ANTECEDENTES | 21 |
| METODOLOGÍA | 22 |
| METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 1 | 23 |
| METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 2 | 33 |
| METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 3 | 40 |
| METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 4 | 43 |
| RESULTADOS | 45 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |
| ANEXO 1. | 56 |
| ANEXO 2. | 66 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Operaciones realizadas en la máquina Brown | 23 |
| Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia del riesgo | 27 |
| Tabla 3. Posibilidad de evitar el riesgo | 27 |
| Tabla 4. Severidad del daño o lesión | 28 |
| Tabla 5. Número de expuestos | 29 |
| Tabla 6. Frecuencia de exposición | 30 |
| Tabla 7. Cálculo del nivel del riesgo | 30 |
| Tabla 8. Puntaje inicial de riesgo y nivel según metodología | 31 |
| Tabla 9. Medida Preventiva 1 | 34 |
| Tabla 10. Acciones del sistema de seguridad propuesto (SRP/CS-ISO 13849-1). Funciones de Seguridad del SRP/CS | 34 |
| Tabla 11. Validación del sistema de seguridad instalado | 43 |

LISTA DE IMAGENES

| | |
|---|----|
| Imagen 1. Nivel de prestaciones requerido (PLr) para cada función de seguridad..... | 32 |
| Imagen 2. Arquitectura de dispositivos | 38 |
| Imagen 3. Elementos de entrada de la máquina..... | 39 |
| Imagen 4. Árbol de programa de trabajo..... | 40 |
| Imagen 5. Elementos instalados | 40 |
| Imagen 6. Secuencia lógica..... | 41 |
| Imagen 7. Entradas digitales | 42 |
| Imagen 8. Pulsadores..... | 42 |
| Imagen 9. Máquina antes de mejoras | 46 |
| Imagen 10. Maquinaria y mando | 46 |
| Imagen 11. Rotación de la máquina (movimiento inesperado)) | 47 |
| Imagen 12. Rotación de la máquina (posicionada correctamente)..... | 47 |
| Imagen 13. Controlador de seguridad..... | 48 |
| Imagen 14. Tablero de control de seguridad..... | 48 |
| Imagen 15. Seguridad y mandos | 49 |
| Imagen 16. Guardas y acceso a máquina..... | 50 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo 1. Manual para el uso de los nuevos dispositivos de seguridad. Máquina: Termoformadora Brown | 53 |
| Anexo 2. Reporte de software PLC PILZ. Máquina: Termoformadora Brown | 65 |

RESUMEN

En el departamento de Caldas en el año 2021 el promedio de accidentes laborales fue de 1.380 casos diarios; sin embargo, para la compañía Mabe Colombia SAS la seguridad es su primer pilar, por lo tanto en el presente trabajo se realizó el análisis de los riesgos de la máquina termoformadora Brown basado en la metodología que plantea las normas ISO 12100:2010, mediante una investigación mixta, donde inicialmente se determinaron los límites de la máquina para identificar los peligros asociados a la operación y tareas específicas, posteriormente se estimó el valor o nivel de riesgo de una forma cuantitativa y cualitativa para los operarios.

En el diseño de la propuesta se plantearon las medidas preventivas que consistieron en la adecuación y fabricación de los resguardos físicos y móviles, además de las funciones de seguridad diseñadas bajo la norma ISO 13849-1:2015 compuestas por los subsistemas de entrada, lógica y salida mediante el programa lógico en un PLC de seguridad de la marca PILZ, dedicado solamente para control de seguridad con un alto nivel de rendimiento, una vez integrado todo el sistema de seguridad se realizó la validación por medio de una lista de chequeo donde se comprobó que las medidas de seguridad cumplieron con la mitigación de los riesgos para los cuales fueron diseñadas.

Como resultados del proyecto aplicado se tuvo una reducción de los riesgos con un 90% de cumplimiento según la normativa internacional, donde se logró separar al operador de los peligros existentes garantizando las distancias de seguridad y los protocolos para el correcto funcionamiento del sistema de seguridad el cual se describe específicamente en el anexo 1.

PALABRAS CLAVE: Accidente de trabajo, Normativa ISO, MABE Colombia, Termoformadora Brown.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolló la propuesta del protocolo para el desarrollo de acciones que reduzcan las actividades laborales riesgosas para los operarios de la maquinaria termoformadora Brown, utilizada en la empresa MABE Colombia, sede Manizales.

Esta empresa es una exportadora de electrodomésticos que inicio en México en la década de los años cuarenta, con la creación de gabinetes para lámparas fluorescentes. El crecimiento que tuvo en la manufactura de productos de línea blanca la llevó a realizar una alianza con General Electric, permitiendo su incursión en América Latina y estados Unidos. En 1993 ingresó a Manizales, Colombia con la compra de Polares, y expandiéndose en 1996 con la de la marca Centrales (Taller MABE, 2017; MABE Venezuela, s.f).

Teniendo en cuenta que esta empresa es importante en la ciudad y que genera diversidad de empleos, es necesaria la implementación de un sistema de seguridad que mitigue los riesgos asociados al funcionamiento de la termoformadora Brown desde una arquitectura de seguridad basada en las normas ISO 12100 - ISO 13849-1.

Para ello se establece el planteamiento del problema, los objetivos del estudio, los marcos de análisis, se explica cómo fue la metodología para el desarrollo del proyecto, los resultados obtenidos, las conclusiones generadas con base en los postulados teóricos e hipotéticos iniciales que permitieron el cumplimiento de los fines de la investigación y la mejora de la seguridad en la máquina.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de seguridad para la mitigación de los riesgos asociados al funcionamiento de la termoformadora Brown, creando una arquitectura de seguridad que garantice una operación segura para el trabajador, preservando la vida y dando cumplimiento a la norma de seguridad de máquinas y principios generales para el diseño, evaluación y reducción del riesgo ISO 12100 y a la norma Seguridad de las máquinas principios generales para el diseño evaluación del riesgo y reducción del riesgo ISO 13849-1.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento de la termoformadora Brown para determinar su nivel de riesgo a partir de los límites de la máquina y de los peligros asociados a su operación.
- Diseñar una arquitectura de seguridad donde se reduzcan los riesgos asociados a la termoformadora, para garantizar un funcionamiento seguro de la maquina preservando la vida, dando cumplimiento a la norma internacional ISO 13849-1
- Desarrollar un programa lógico en un autómata programable integrando funciones de seguridad por medio de dispositivos que supervisen la máquina y limiten su acceso cuando las condiciones no sean seguras.
- Validar las funciones relativas a los sistemas de seguridad introduciendo fallas aleatorias para comprobar y garantizar su correcto funcionamiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Ley 1562 de 2012 define el accidente de trabajo como todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte.

Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o contratante durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera del lugar y horas de trabajo. Igualmente se considera accidente de trabajo el que se produzca durante el traslado de los trabajadores o contratistas desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte lo suministre el empleador. También se considera accidente de trabajo el ocurrido durante el ejercicio de la función sindical, aunque el trabajador se encuentre en permiso sindical siempre que el accidente se produzca en cumplimiento de dicha función. De igual forma se considera accidente de trabajo el que se produzca por la ejecución de actividades recreativas, deportivas o culturales, cuando actúe por cuenta o en representación del empleador o de la empresa usuaria cuando se trate de trabajadores de empresas de servicios temporales que se encuentren en misión (Ley 1562 de 2012, Art. 3).

Siendo así, para que un evento pueda considerarse como un accidente de trabajo se debe dar un suceso inesperado, que sea producido por el trabajo en sí, que genere una lesión orgánica, psicológica, de disfunción, invalidez o muerte. Pueden generarse por causas inmediatas que producen el accidente de manera directa dados actos y condiciones inseguras; o por causas básicas, en las cuales se integran los factores personales y de trabajo que inciden en la afectación del trabajador. El principal problema en este aspecto es que las empresas no destinan actividades para la reducción de las causas y afrontan grandes costos para remediar el daño a su personal. Para la Organización Internacional del Trabajo (OIT) el 4% del Producto Interno Bruto (PIB) en el mundo, se pierde por las bajas, muertes y enfermedades consecuencia de esto (González et al., 2016).

La salud y la seguridad industrial aplican las normas relacionadas de forma errónea ya que incumplen algunas de ellas como la utilización de las herramientas de

seguridad completas, o la dotación adecuada al personal, lo cual genera dificultades en los proyectos asociados a riesgos al no evaluarlos correctamente, y afectando el desarrollo normal de las actividades, lo cual puede generar accidentes que llevan a incapacidades y hasta la muerte (González et al., 2016).

Al realizar el análisis de las tasas de accidentalidad del primer cuatrimestre de 2021 en el departamento de Caldas, y compararla con el mismo periodo del 2020 y 2019, se puede concluir que durante el primer cuatrimestre del 2021 se presentaron un total de 165.595 accidentes de trabajo con una tasa cuatrimestral de 1,58 accidentes por cada 100 trabajadores, siendo esta tasa mayor con respecto a la del mismo cuatrimestre del 2020 que fue de 1,50; pero inferior a la de 2019 que fue de 2,13 accidentes por cada 100 trabajadores. Teniendo en cuenta lo anterior, se podría inferir que en promedio se presentaron 1.380 accidentes laborales por día durante el primer cuatrimestre del 2021 (La Patria, 14 de julio de 2021). De acuerdo con las estadísticas expuestas por SURA:

Uno de cada cinco accidentes está relacionado con máquinas o con el uso de herramientas. El 30% de los accidentes graves son ocasionados por operación no segura de las máquinas. El 75% de los accidentes con máquinas se evitarían si estas contaran con sus respectivas guardas de seguridad. En el 60% de las máquinas, no cuentan con los sistemas de seguridad adecuados para la seguridad de los operadores (Barrera, 2012).

Con base a esta cifra de accidentalidad se analiza el entorno laboral en la planta de refrigeradores Mabe Colombia donde la seguridad es el primer pilar, y por esto la compañía ha destinado recursos para realizar los análisis de riesgos a 80 de sus máquinas, para posteriormente iniciar con las remediaciones de las que tienen el nivel de riesgo más alto, generando así un ambiente seguro para el trabajo de sus colaboradores; sin embargo se realiza la pregunta: ¿Los trabajadores si están protegidos al momento de manipular u operar una maquina? Lo cual lleva a su vez a la necesidad de evaluar la integridad del trabajador, específicamente para el caso de atrapamiento, arrastre de ropas o de partes del cuerpo centrados en una termoformadora conocida como “Brown”, que por su naturaleza es de alto riesgo, ya que ella gira en su propio eje por medio de una cruz de malta y el trabajador está

expuesto a ello, a un horno de calentamiento que maneja altas temperaturas, energías hidráulicas y neumáticas usadas en los moldes.

Por ello la pregunta de investigación es, ¿Cómo se puede implementar un sistema de seguridad para la mitigación de los riesgos asociados al funcionamiento de la termoformadora Brown, creando una arquitectura de seguridad que garantice una operación segura para el trabajador, preservando la vida y dando cumplimiento a la norma de seguridad de máquinas y principios generales para el diseño, evaluación y reducción del riesgo ISO 12100 - ISO 13849-1 ?.

JUSTIFICACIÓN

La empresa MABE es una de las más grandes en la ciudad de Manizales, su planta física ampliada la llevó a convertirse en una de las primeras industrias de Caldas y una de las 100 más grandes de Colombia para 2006 (MABE Venezuela, s.f). Frente a ello es importante analizar cómo pueden implementarse medidas de seguridad y salud en el trabajo que garanticen la permanencia y la consolidación de la empresa como líder en el mercado.

Con este proyecto se busca la identificación y el planteamiento de soluciones que mejoren la seguridad de la maquina termoformadora Brown, donde se han generado incidentes leves, pero la probabilidad de que se conviertan en accidentes graves es muy alta, este proyecto tiene como objetivo minimizar la accidentabilidad de los operadores en la empresa Mabe Colombia, demostrando el interés que tiene la organización hacia sus trabajadores, y que es pionera en el ámbito de seguridad en el entorno de manufactura. De allí la importancia de establecer medidas de control, protección y acción con las cuales se tomen los efectos que se han generado en la utilización de la misma, y se establezcan medidas de acción para reducir los impactos negativos que pueda generar.

Dado la anterior, se genera el interés de mejorar la seguridad de la máquina por medio de automatización del proceso e implementación de dispositivos electrónicos, principalmente para preservar la integridad física de las personas que operan día a día este tipo de maquinaria, y que trabajan arduamente para obtener los recursos económicos para llevar a sus hogares, de allí la novedad de la investigación, ya que se

pasa de un análisis meramente textual a la posibilidad de acción en la que se salvaguarde la vida e integridad de los operarios.

Desde esta perspectiva se toma en consideración que al realizar este proyecto como un aporte a la industria manufacturera de la ciudad de Manizales (Caldas), con el fin de propiciar factores de prevención que eviten futuros incidentes y/o accidentes, impactando así en el mejoramiento de las condiciones y prácticas laborales de las personas que desempeñan las funciones en el proceso de manipulación de termoformadora con este principio de funcionamiento, para que el empleador y el empleado puedan sensibilizarse de acuerdo a las recomendaciones que se puedan exponer, partiendo de la seguridad de la máquina, como la concientización del auto cuidado en manera de prevención y no de corrección.

Finalmente, la pertinencia del estudio deriva de la implementación de sistemas de seguridad, la cual no solo minimiza accidentes e incidentes, protección y preservación de la integridad física y psicológica de la salud del empleado, sino también disminución en las incapacidades o de cualquier problema legal que se pueda generar a partir de un accidente del operador, lo cual beneficia significativamente a la organización tanto en productividad como económicamente; obviamente para la ejecución del proyecto se debe generar una inversión que a mediano y/o largo plazo se visualizarán los beneficios.

MARCO TEÓRICO

ISO 13849:2015 proporciona requisitos de seguridad y orientaciones sobre los principios para el diseño e integración de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad (SRP/CS), incluyendo el diseño del soporte lógico (software). Para estas partes especifica las características, incluyendo el nivel de prestación requerido, para desempeñar las funciones de seguridad. Se aplica a las SRP/CS para modo de alta solicitud y modo continuo, independientemente de la tecnología y del tipo de energías utilizadas (eléctrica, hidráulica, neumática, mecánica, etc.). (Comité técnico AEN/CTN 81, 2015).

ISO 12100:2010. Esta norma internacional especifica la terminología básica, los principios y una metodología para lograr la seguridad en el diseño de las máquinas. Especifica los principios de evaluación del riesgo y reducción del riesgo para ayudar a los diseñadores a alcanzar este objetivo. Estos principios están basados en el conocimiento y la experiencia en el diseño, utilización, incidentes, accidentes y riesgos asociados con las máquinas. Se describen los procedimientos para la identificación de peligros y la estimación y valoración de los riesgos durante las fases relevantes del ciclo de vida de las máquinas, y para la eliminación de los peligros o la provisión de la reducción del riesgo adecuada. Se proporcionan directrices sobre la documentación y la verificación de la evaluación del riesgo y el proceso de reducción de riesgo (Comité técnico AEN/CTN 81, 2010).

La seguridad y salud en el trabajo mediante la Ley 1562 de 2012 se entiende como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente laboral, así como la salud en el lugar de la ejecución de las tareas, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones (Ley 1562 de 2012, Art. 1).

Bajo esta idea, las condiciones laborales y el ambiente en el que se desenvuelven los trabajadores se enmarcan en la consecución y mantenimiento de su

bienestar emocional, físico y social, además de la mejora continua de sus condiciones de trabajo. Además, se centra en la forma en que se relacionan la organización y su empleado, y de los beneficios que puedan brindarse en un entorno con el cual se sienta el interés de la empresa por la mejora de las condiciones en que se encuentran los empleados, y en su calidad de vida, dentro y fuera de la organización (Quiñones y Vásquez, 2014).

La gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo permite el reconocimiento de los elementos individuales y colectivos que permitan el desarrollo continuo del direccionamiento organizacional, para que se generen acciones que respondan a las necesidades, procesos, información y desarrollo requeridos en el entorno (Arévalo y Molano, 2013). Con ello, la visibilización y corrección de posibles riesgos y limitaciones a la calidad del trabajo, y a la eficiencia del trabajador que permiten consolidar agendas de cambio y reducir impactos negativos en los colaboradores de las organizaciones.

Chiavenato (2009) señala tres factores de seguridad e higiene en las empresas. Primero las condiciones inseguras físicas o mecánicas del lugar o su maquinaria que generan problemas en su manejo. Las segundas los actos inseguros o las violaciones a los procedimientos que de forma normal son seguros, esto es cuando no se utilizan equipos de protección, se presentan distractores o procedimientos inadecuados, y finalmente, los factores personales que hacen que los trabajadores, por afecciones individuales ejecutan actos inseguros.

Su reconocimiento permite actuar para reducir acciones inseguras, accidentes, limitaciones al trabajo constante, la ocurrencia de accidentes, y en general ayudan a que las diferentes actividades desarrolladas estén acordes con la distribución de tareas y la reducción de los riesgos. Frente al primer factor, las condiciones de la maquinaria pueden reducir sus posibles complicaciones mediante la automatización industrial.

Con ella se ha logrado la disminución de las jornadas de trabajo, la dosificación y optimización de insumos, el control de contingencias que garantizan a las empresas la adaptación a las variaciones del mercado, el ajuste de las instalaciones, la

neutralización de efectos perversos en los cambios tecnológicos, etc. Mediante la automatización se puede realizar un análisis de la calidad de los productos, las relaciones industriales y la utilización de la tecnología para reducir impactos y costos asociados con las actividades propias de las empresas (Tunal, 2005).

Con ella se puede trabajar en favor del cuidado de los intereses económicos de las organizaciones, dado que su uso optimiza el tiempo y la cantidad de productos determinados producidos en el tiempo, sin embargo, la inexistencia de protocolos o herramientas para utilizar, las cuales podrían aumentar los riesgos de accidentes laborales, dada la ausencia de protocolos correctos.

Los controles PLC PILZ permiten controlar las funciones tanto de automatización como de seguridad de un proyecto. Estos controles PLC son modulares, es decir, pueden ensamblarse a medida de las necesidades. Para ello, se dispone de varios módulos de cabecera (con el procesador principal) y numerosos módulos de E/S para funciones de automatización y seguridad. El usuario solo tiene que adaptar el diseño del sistema a sus requisitos. Los módulos pueden ampliarse o sustituirse libremente. (GmbH, s. f.-a)

4.1 MARCO REFERENCIAL

Accidente de trabajo: Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o contratante durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera del lugar y horas de trabajo. Igualmente se considera accidente de trabajo el que se produzca durante el traslado de los trabajadores o contratistas desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte lo suministre el empleador (Ley 1562 de 2012, Art. 3).

Automatización industrial: Es el uso de sistemas o elementos computarizados, electromecánicos, electro neumáticos y electrohidráulicos para fines industriales. Como

una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. La automatización, como su nombre lo indica, es poder hacer que algo se controle de manera autónoma o semi autónoma. Generalmente para lograrlo se necesita la ayuda de cinco elementos, ya sea creados por los seres humanos o provenientes de la naturaleza (mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico analógico o digital) (GSL, 2020).

Riesgo mecánico: “Es un conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de los elementos de máquinas, herramientas, piezas o materiales proyectados”. (UC3M, s.f). Dentro de las situaciones generadas por presencia de riesgo mecánicos se pueden referenciar dos clasificaciones principales: la materialización del peligro frente a objetos inmóviles y peligros presentes en partes en movimiento. Las situaciones más frecuentes donde el peligro mecánico pueden desencadenar en un accidente de trabajo son: proyección de partículas, atrapamientos por o entre objetos, contacto con superficies en movimiento corto punzantes, con superficies irregulares o con energía potencial presente y caída de objetos (CCS, 2021).

Control de energías peligrosas: Es un método que se aplica de manera sistemática para evitar que un equipo comience a funcionar, que una persona lo active involuntariamente o que se libere energía de forma incontrolada, cuando alguien está trabajando o cuando, por ciertas circunstancias, puedan encontrarse trabajadores cerca de los puntos peligrosos de las máquinas. Un candado es puesto de tal forma que el equipo no pueda ser conectado o en otros casos, se cuelga una tarjeta preventiva, en el dispositivo de desconexión del sistema. Este procedimiento se puede aplicar a equipos que están conectados eléctricamente o en válvulas y otros equipos mecánicos en los cuales la energía almacenada puede causar algún peligro (Barrera, 2012).

Acto o Comportamiento inseguro: Se refieren a todas las acciones y decisiones humanas, que pueden causar una situación insegura o incidente, con consecuencias para el trabajador, la producción, el medio ambiente y otras personas. También el

comportamiento inseguro incluye la falta de acciones para informar o corregir condiciones inseguras. (ARL SURA - Riesgos Laborales - ARL, s. f.)

Maquina: Es cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico diseñado y utilizado para realizar alguna función y producir un determinado producto. (simac, 2021).

PLC de seguridad: Es un controlador especializado construido y certificado específicamente para cumplir con los requisitos de seguridad, como las directivas de seguridad funcional IEC 62061, ISO 13849-1 o IEC 61508 que definen el nivel de integridad de la seguridad (SIL) o los niveles de reducción de riesgos proporcionados por alguna función de seguridad. (Blocked, s. f.).

Termoformado: Es el proceso mediante el cual se da forma a una lámina plástica mediante calor y vacío, para ello se utiliza un molde o matriz de madera, resina o aluminio. Es decir, la lámina plástica toma la forma del molde con la acción de presión y temperatura elevada. (Plasticom Ltda., 2021).

Bloques de función: Se conoce como bloque a una sección de código de software que puede contener una o más declaraciones (construcciones de lenguaje que especifican un nombre único para la entidad, así como información sobre su tipo y otras características). Su principal utilidad está en permitir que toda la sección de código contenida por el bloque sea empleada como una sola pieza de código, lo que simplifica mucho la programación. (Crack The Code, 2022).

Norma ISO: son un conjunto de estándares con reconocimiento internacional que fueron creados con el objetivo de ayudar a las empresas a establecer unos niveles de homogeneidad en relación con la gestión, prestación de servicios y desarrollo de productos en la industria. (UPV/EHU).

ANTECEDENTES

Promasafety es una empresa de servicios de consultoría, capacitación, suministro de personal y proyectos llave en mano en el área de seguridad de máquinas, sus consultores, instructores e instaladores son profesionales certificados, altamente capacitados y con experiencia comprobada en el desarrollo de programas de seguridad en diversos tipos de máquinas para la industria. (“LA SEGURIDAD DE LA GENTE ES PRIMERO”, s. f.)

También presta el servicio de ejecución y acompañamiento de Análisis de riesgos (Risk Assessments) en procesos y maquinaria en operación o equipos y procesos nuevos. Realiza la Identificación de peligros, Análisis de Riesgos, Ingeniería de remediación, Auditoría, Validación todo esto se hace bajo las siguientes normas americanas e internacionales: NOM, OSHA, ANSI, NFPA, RIA, ISO, IEC y los estándares europeos EN. El análisis de riesgos se realiza sin parcialidad de marcas de equipos y se basa exclusivamente en las necesidades del cliente y el estricto cumplimiento de la norma.

Este es un servicio completo que involucra la identificación y análisis de los peligros que presenta la máquina, la valoración de los mismos y la presentación de las soluciones basada en recomendaciones, de acuerdo a lo que establecen las normas: EN ISO 12100, EN ISO 13849-1/-2, IEC 61508 y las ANSI 11.19, RIA 1506. Con este servicio el cliente recibe un reporte que incluye las recomendaciones, conclusiones y costos estimados para remediaciones de la máquina. Promasafety ha desarrollado integraciones de seguridad en diferentes máquinas de la industria manufacturera de Estados Unidos y Latinoamérica entre ellas se encuentra EATON, ABInBeV, Unilever, amcor, Cervecería del Valle, Bavaria, mabe, entre otras. (“LA SEGURIDAD DE LA GENTE ES PRIMERO”, s. f.)

Promasafety ha realizado el análisis de riesgos a 80 máquinas en la sede Mabe Colombia en el año 2020, y la remediación a tres de ellas en el año 2021, donde se destaca la implementación de un sistema de llave atrapada en la zona de perfilado de la maquina tren de gabinetes, con su respectiva arquitectura de seguridad incluyendo el PLC PILZ, además de la remediación mediante la instalación de paradas de emergencia, para la maquina carrusel de espumado.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el estudio fue mixta, ya que se utilizaron herramientas cualitativas y cuantitativas que permitieran dar cuenta de los elementos fundamentales acerca de los riesgos en la máquina Brown, para especificar la solución más óptima posible que respondiera a los objetivos de la investigación (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Por eso se utilizaron como técnicas de recolección de la información la observación directa mezclada con la aplicación de la norma internacional UNE-EN ISO 12100:2012 para establecer la incidencia de este aparato en los accidentes laborales, y su posibilidad de reducción.

METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 1

Para llevar a cabo el objetivo del análisis se procedió a buscar los peligros inherentes a la máquina para observar la fuente de los posibles daños. Para ello se tomó en cuenta que no existen medidas de seguridad en la máquina, tales como: guardas físicas o fallas en las funciones de seguridad que eran actuales al momento de iniciar el proyecto.

Las maquina cuenta con diferentes actividades que fueron analizadas minuciosamente y se determinó que dentro de ellas está la operación normal, es decir el funcionamiento en ciclo automático donde el operario debe de retirar la pieza termoformada, para posteriormente ingresar la lámina a termoformar, el reinicio de la maquina al tener un bloqueo de ciclo, la lubricación y mantenimiento preventivo y correctivo.

Para cada una de las operaciones se analizó cuáles fueron las actividades peligrosas, como por ejemplo el pre alistamiento donde se debe realizar el calentamiento del horno, y realizar los ajustes necesarios para cada referencia de contrapuerta a termoformar, adicionalmente, se identificaron los peligros y riesgos asociados a cada uno de ellos, en la tabla 1 se puede observar el resumen de las operaciones.

Tabla 1. Operaciones realizadas en la máquina Brown

| |
|---|
| Operaciones realizadas en máquina Brown |
|---|

| Operación normal | Labor peligrosa | Peligro evidenciado | Riesgo |
|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ingreso y salida de lámina preformada • Lamina atascada en estación de termoformado • Reinicio de maquina • Lubricación • Cambio de molde • Mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Pre alistamiento de maquina • Arranques inesperados, no cuenta con programa lógico que proteja al operador | <ul style="list-style-type: none"> • Piezas móviles • Elementos rotativos • Golpes a diferente nivel (Desde los pies a la cabeza) • Térmico • Cortes | <ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras • Golpes • Atrapamiento • Aplastamiento • Amputación de miembro |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 Se realizó el análisis de las operaciones normales de la máquina, teniendo en un comparativo entre operación normal de la máquina que presenta como funciones: el ingreso del operario a la máquina y las diferentes tareas que allí se especifica, labor peligrosa como lo son arranques inesperados, peligros evidentes como piezas móviles, movimientos rotativos y por último se tenía el riesgo conformado por los posibles daños a la integridad del trabajador.

Análisis de Riesgos según UNE-EN ISO 12100:2012

Se aplicaron medidas de seguridad para reducir el riesgo de una máquina, se determinaron y documentaron los peligros y riesgos existentes en la máquina o zona de peligro. La norma internacional UNE-EN ISO 12100:2012 denominada “Principios generales de diseño - Evaluación de riesgo y reducción de riesgo”, se tomó como la guía para el proceso de identificación de peligros, análisis y valoración de riesgos. Esta norma es ampliamente usada y aceptada en la industria. La definición de evaluación de riesgos es determinada en la norma tipo A ISO 12100, donde un riesgo se explica mediante el uso de los siguientes elementos:

1. Gravedad del daño: cuando se produce un peligro. Este elemento se puede dividir en dos áreas: gravedad de la lesión y alcance del daño. La gravedad se puede expresar con una escala desde una lesión leve hasta la muerte. El alcance del daño da información sobre cuántas personas pueden verse afectadas por las lesiones, por ejemplo, de una persona a varias personas.

2. Probabilidad del daño: es la probabilidad de ocurrencia del peligro que se puede dividir en tres áreas: exposición de una persona al peligro, la ocurrencia de un evento peligroso y la posibilidad de evitar o limitar el daño.

El objetivo es hacer que la máquina, equipo o proceso analizado, sea seguro y productivo, mediante el establecimiento de medidas preventivas de reducción de riesgos. La reducción de riesgos será el resultado de la evaluación de los requisitos de seguridad y las necesidades de acceso a las máquinas o zonas peligrosas por parte de los operadores y el personal de mantenimiento. La producción a costa de la seguridad es extremadamente peligrosa, mientras que la seguridad sin producción resultará en eludir las medidas de protección y, en última instancia, en una falla del sistema de seguridad lo que sobrevendrá en accidentes y lesiones. Lo que se traducirá en tiempo de inactividad de la máquina, tiempo perdido de los colaboradores, costos asociados a compensaciones por incapacidades, aumento de los costos en primas de seguros, sanciones de las entidades de control territorial y/o la restricción completa de operación de las máquinas o establecimientos (UNE-EN ISO 12100:2012, pp. 19-20).

Esta norma presenta a su vez la Definición de Nivel de Riesgo, entendida como la protección de máquinas. Es un proceso destinado a ayudar a los diseñadores y usuarios finales a definir las medidas adecuadas para lograr el mayor nivel posible de seguridad sin afectar negativamente a la producción. La identificación de peligros y determinación del nivel de riesgo, proporciona herramientas de priorización para la gestión e intervención. Para lograr este objetivo, el proceso de evaluación en las máquinas se realiza teniendo en cuenta los diferentes modos de operación de la máquina que conducen a un riesgo potencial, valorando la severidad en función de la posible gravedad del daño y la probabilidad de que ocurra contacto con el peligro; dicha probabilidad puede definirse mejor, teniendo en cuenta la frecuencia de exposición y cantidad de personas expuestas al peligro, así como la probabilidad de ocurrencia de una pérdida o lesión en caso de presentarse una falla (UNE-EN ISO 12100:2012, p. 22).

Si bien existen muchos métodos que utilizan estos factores para asignar niveles de riesgo, la mayoría solo usa tres o cuatro niveles de riesgo identificados como alto,

medio y bajo. Mediante el uso de un sistema de puntos en el proceso de análisis de riesgos, el empleador puede priorizar los esfuerzos de seguridad fácilmente, enfocándose primero en las máquinas y riesgos con valores más altos.

Teniendo esto en cuenta, se realizó una adaptación de la norma para el caso de estudio, razón por la cual se presentan las siguientes definiciones y mecanismos de medición propios, los cuales permiten adaptar al objeto del estudio los lineamientos internacionales, para evidenciar su cumplimiento y el desarrollo adecuado a los fines de esta investigación:

Nivel de Riesgo (NR)

El método de identificación del nivel de riesgo utilizado para abordar cada uno de los factores de riesgo y asigna una puntuación de riesgo en función de los peligros presentes en el equipo. Los puntajes se determinan asumiendo que no se ha instalado un sistema de seguridad o que éste ha fallado, configurándose una condición peligrosa. Al hacerlo, el análisis producirá un nivel de riesgo, que identificará con mayor precisión las medidas preventivas a implementar, para ayudar a reducir la posibilidad de peligros existentes.

Este modelo está basado en la Norma ISO 12100 e incorpora en el análisis de riesgos, criterios de probabilidad, posibilidad de evitar el riesgo, severidad del daño, número de personas expuestas al peligro y frecuencia de exposición a dicho peligro, para realizar la estimación del riesgo, la metodología que usamos fue basada en la criticidad, por lo cual asignó una puntuación a cada ítem de 5 a 20 puntos, siendo esta última cifra la más crítica, la estimación del riesgo está basada en 5 categorías, las cuales una vez sumadas nos permite analizar el factor de riesgo de la máquina de una escala de 0 a 100 puntos, como resultado final dependiendo de este valor sabremos el nivel de riesgo en el que se encuentra la máquina.

Probabilidad (P)

En la variable probabilidad se califica de manera subjetiva, basado en la inspección visual de la máquina, referida a la probabilidad que la persona tenga contacto con el peligro y se produzca un daño a su salud, durante la ejecución de sus actividades e interacción con la máquina. Para estos efectos, es importante tener en cuenta si han

ocurrido sucesos peligrosos como accidentes o incidentes relacionados con los peligros pertinentes de la máquina.

Estimando lo anterior, se asigna un valor cuantitativo a dicha probabilidad en el ejercicio de la evaluación de riesgos basado en la siguiente escala:

Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia del riesgo

Probabilidad de ocurrencia

| Probabilidad | Valor |
|---------------------|--------------|
| Inminente | 20 |
| Muy Probable | 15 |
| Probable | 10 |
| Puede pasar | 5 |
| Improbable | 1 |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En la tabla 2 se hace una calificación a la probabilidad de ocurrencia en la máquina dependiendo de 5 categorías con un puntaje determinado por el grado de frecuencia que se evidencia. Esto surge a partir de la inspección visual de la máquina y sus antecedentes, asignando un valor cuantitativo dependiendo de la ocurrencia de algún suceso, para conocer de donde surgen los valores asignados a cada subcategoría consultar página 25, segundo párrafo de este documento.

Posibilidad de Evitar (PE)

La posibilidad de evitar influye de manera directa en la probabilidad que se produzca contacto con el peligro y se genere un daño, los factores que el evaluador de manera subjetiva tiene en cuenta para estimar este valor son entre otros: El entrenamiento de las personas, el conocimiento del riesgo, la rapidez con la que se pueda generar el contacto con el peligro o la velocidad con la que el peligro se mueve, las aptitudes y/o capacidades de las personas para advertir el peligro y escapar antes de tener contacto. Evaluado lo anterior, se define un valor cuantitativo a “posibilidad de evitar” en el ejercicio del análisis de riesgos, basado en la siguiente escala:

Tabla 3. Posibilidad de evitar el riesgo

| Posibilidad | Valor |
|-------------|-------|
| No | 20 |
| Si | 10 |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En tabla 3 se describe la posibilidad de evitar el riesgo de la máquina, teniendo en cuenta su arquitectura y que tanta posibilidad de mejorar sus condiciones existe, y se asigna un valor cuantitativo, para conocer de donde surgen los valores asignados a cada subcategoría consultar pagina 25, segundo párrafo de este documento.

Severidad (S)

Cuando se habla de severidad, se refiere a la gravedad del daño o lesión producida por el contacto con el peligro una vez se ha generado el suceso peligroso. El evaluador determina un valor cuantitativo a esta variable en el ejercicio de la evaluación de riesgos basado en la siguiente escala:

Tabla 4. Severidad del daño o lesión

| Severidad | Valor |
|--|-------|
| Muerte o desmembración (ojo-brazo-pie) | 20 |
| Pérdida total, parcial o funcional de dedos y/o fractura de huesos | 15 |
| Lesión que requiere tratamiento médico | 10 |
| Lesión leve con atención de primeros auxilios | 5 |
| Incidente con lesión leve (no requiere primeros auxilios) | 1 |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En tabla 4 se observa cómo se categoriza la severidad del daño dependiendo la zona del cuerpo que se vea afectada en la persona. La cual se realiza bajo 5 tipos de verifica con valores cuantitativos asignados a cada uno, para conocer de donde

surgen los valores asignados a cada subcategoría consultar pagina 25, segundo párrafo de este documento.

Número de Expuestos (NE)

Se refiere al número de personas que, durante una jornada de 24 horas, debido a sus actividades en la máquina, puede tener contacto con el peligro. En la medida que existan más personas expuestas al peligro, el valor usado durante el análisis de riesgo debe ser mayor, teniendo como referencia la siguiente escala:

Tabla 5. Número de expuestos.

| Número | Valor |
|------------------|-------|
| 5 personas o más | 20 |
| 3 a 5 personas | 15 |
| 2 personas | 10 |
| 1 persona | 5 |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En la tabla 5 se analizó el número de personas que están expuestos a los posibles daños ocasionados por la maquina Brown, dependiendo de ese número de personas se asigna un valor numérico, para conocer de donde surgen los valores asignados a cada subcategoría consultar pagina 25, segundo párrafo de este documento.

En este caso al ser una maquina con varias operaciones es necesario que 2 a 3 personas la operen, dependiendo de los niveles de producción, si estimamos 3 turnos por 3 personas, da como resultado 9 operarios expuestos a los peligros de la máquina.

Frecuencia de Exposición (FE)

La probabilidad que ocurra un incidente y que éste ocasione daños a la persona se ve afectada también por el nivel de exposición que tengan las personas a un peligro. En este modelo se ha definido una escala de valoración, asociada al número de veces que el (los) operador(es), deban exponerse al peligro o a la zona peligrosa

en su interacción con la máquina, lo que ayudará al evaluador a definir de manera cuantitativa la frecuencia de exposición:

Tabla 6. Frecuencia de exposición

| Frecuencia | Valor |
|------------------------|--------------|
| Varias veces por turno | 20 |
| Una (1) vez por turno | 15 |
| Una (1) vez por semana | 10 |
| Una (1) vez por mes | 5 |
| De 1 a 3 veces por año | 1 |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En la tabla 6 se analiza la frecuencia de la exposición del operador durante su turno de trabajo y cuantas veces se ha visto en peligro durante el turno de trabajo, se ve más detalladamente en la tabla 7. Operaciones realizadas en la máquina Brown donde se observan las tareas realizadas por él, para conocer de donde surgen los valores asignados a cada subcategoría consultar pagina 25, segundo párrafo de este documento. Debido a que operador tiene que intervenir en la maquina varias veces en el turno a cambiar molde, lubricar, ajustar, retirar laminas se expone con mucha frecuencia al riesgo.

Cálculo del Nivel de Riesgo

Una vez que se ha identificado un peligro, y siguiendo el sistema de puntuación descrito en cada uno de los parámetros anteriores, los valores obtenidos en cada categoría se combinan para establecer la puntuación del nivel de riesgo de la máquina o zona de peligro siguiendo la siguiente escala:

Tabla 8. Cálculo del nivel del riesgo

| NR= (P+PE+S+NE+FE) | |
|---------------------------|-----------------|
| 70-100 | MUY ALTO |
| 40-70 | ALTO |
| 25-40 | MEDIO |
| 0-25 | BAJO |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

En la tabla 7 con base a la suma de los valores cuantitativos de las tablas anteriores como lo son la probabilidad, severidad, número de personas expuestas, posibilidad de evitar el riesgo, se puede determinar en qué nivel de riesgo se encuentra la maquina evaluada. Una vez se haya determinado el nivel de riesgo de la máquina el proceso de reducir ese riesgo debe seguir un método documentado y comprobado. El valor del nivel de riesgo se basa en los siguientes criterios evaluados:

Tabla 9. Puntaje inicial de riesgo y nivel según metodología

| Criterio | Valor | Descripción | Nivel de Riesgo Inicial |
|----------------------------|-------|---|-------------------------|
| Expuestos | 20 | Mayor a 5 personas | 100 MUY ALTO |
| Severidad | 20 | Muertos o desmembración (ojo-brazo-pie) | |
| Probabilidad de Ocurrencia | 20 | Inminente | |
| Evitabilidad | 20 | No | |
| Frecuencia de Exposición | 20 | Varias veces al turno | |

Fuente: Elaboración propia con base en Norma ISO 12100: 2012.

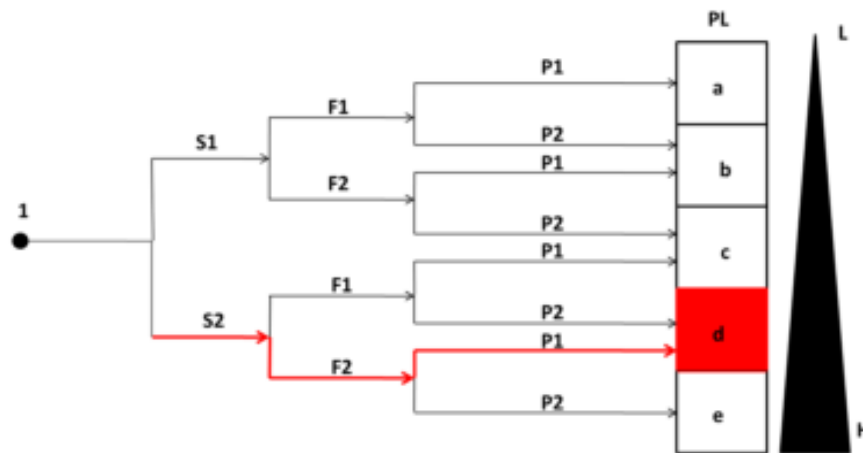
En la tabla 8 según la metodología utilizada se estable un factor de riesgo inicial muy alto. Este dato surge de la suma del puntaje obtenido por la maquina en cada una de las categorías que aquí se muestran, ese puntaje se compara en la tabla 10. Cálculo del nivel del riesgo

Determinación nivel de desempeño

Este informe también incluye el proceso de estimación de riesgos descrito en UNE-EN ISO 13849-1:2015, a través del cual se determina el nivel de Desempeño Requerido (PLr) para las funciones de seguridad del Sistema de Control de Partes Relativas a la Seguridad (SRP/CS) que ha sido considerado para implementación, como parte de las medidas preventivas de reducción de riesgo de la máquina. Los resultados de esta evaluación se basan en los peligros con el nivel de riesgo más alto, asociado a cada función de seguridad o zona de peligro de la máquina, durante el análisis. El

proceso utilizado para la estimación del PLr se representa a continuación (Ver Imagen 1).

Imagen 1. Nivel de prestaciones requerido (PLr) para cada función de seguridad



Fuente: Elaboración propia con base en UNE-EN ISO 13849-1:2016.

En imagen 1 se describe el proceso de estimación de riesgos, el cual marca un punto de partida denominado 1, en este caso la (S) Gravedad de la lesión, la denominaremos (S2) por la gravedad de alguna lesión ocasionada por la máquina que es alta, luego se tiene (F) Frecuencia y/o duración de la exposición al peligro debido a que el operador debe ingresar varias veces en su turno de trabajo, se asignó (P1) que hace referencia a evitar el daño o peligro en determinadas condiciones, por último se tendrá el (PL) que es el nivel de prestaciones requerido para remediación de la máquina..

Análisis cualitativo del riesgo:

Para la interpretación del gráfico se deben usar los siguientes términos relacionados:

1 punto de partida para la estimación de la contribución de las funciones de seguridad a la reducción del riesgo

L Contribución a la reducción del riesgo baja.

H Contribución a la reducción del riesgo alta.

PL Nivel de prestaciones requerido.

Parámetros de Estimación de Riesgo:

S Gravedad de la lesión.

S1 Lesión leve (normalmente reversible).

S2 Lesión grave (normalmente irreversible incluyendo la muerte).

F Frecuencia y/o duración de la exposición al peligro.

F1 Raro a bastante frecuente y/o corta duración de la exposición.

F2 Frecuente a continuo y/o larga duración de la exposición.

P Posibilidad de evitar el peligro o de limitar el daño.

P1 Posible en determinadas condiciones.

P2 Raramente posible.

La evaluación del nivel de riesgo resultante de cada función de seguridad o zona del equipo determina si se deben aplicar medidas preventivas de reducción de riesgos adicionales. Para determinar si un peligro requiere mayor seguridad, el nivel de riesgo debe ser tolerable, lo que significa que debe estar dentro de un nivel de riesgo razonable y aceptable para cualquier persona. Es bien conocido y discutido que el riesgo cero no existe y no se puede alcanzar. Sin embargo, un buen enfoque permite identificar peligros, evaluación de riesgos e implementar medidas preventivas para la reducción de riesgos, con el cual se logre un nivel de riesgo tolerable.

METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 2

Diseño de la propuesta a partir del análisis: Una vez evaluado el riesgo se seleccionaron las medidas preventivas siguiendo esta jerarquía, se evaluó la aplicación de la solución y su costo/beneficio, teniendo en cuenta factores como la reducción del riesgo alcanzado, la productividad, la operatividad y la mantenibilidad de dichas medidas. La correcta aplicación de las funciones de seguridad en el proceso de reducción de riesgo se basa en los criterios definidos en la norma UNE-EN ISO 12100:2012 "Principios generales de diseño - Evaluación de riesgo y reducción de riesgo".

Tabla 11. Medida Preventiva 1

| | |
|--------------------|---|
| Medida | Resguardo físico/móvil |
| Preventiva 1 (MP1) | <p>MP1-A: Resguardo perimetral en malla metálica con paneles de 210cm ancho x 210cm alto</p> <p>MP1-B: Puerta deslizable en malla metaliza de 210cm ancho x 210cm alto Puerta No 1 MP1-</p> <p>C: Puerta deslizable en malla metaliza de 210cm ancho x 210cm alto Puerta No 2 MP1-D:</p> <p>Puerta abatible en malla metaliza de 210cm ancho x 210cm alto Puerta No 3</p> <p>MP1-D: Puerta abatible en malla metaliza de 210cm ancho x 210cm alto Puerta No 4</p> |

Fuente: Elaboración propia.

En tabla 9 se presenta una medida preventiva 1, la cual hace referencia a la implementación de puertas, que protegen al operario del movimiento de la máquina, las dimensiones de cada una se encuentran a continuación:

Tabla 12. Acciones del sistema de seguridad propuesto (SRP/CS-ISO 13849-1).
Funciones de Seguridad del SRP/CS

| | | |
|----------------------------|---|---|
| Función de seguridad (SF1) | 1 | <p>Función de parada relativa de seguridad iniciada por un protector</p> <p>SF1-A: Instalar Integrar un sistema de seguridad con arquitectura de control según la norma UNE- EN-ISO 13849-1:2015. Esta arquitectura de control de seguridad comprende un subsistema de entradas (elementos de campo de seguridad existentes como Interruptores de enclavamiento SAF , paros de emergencia, JOG's habilitadores clasificados de seguridad SAF) conectados a un PLC de seguridad con módulos de entradas y salidas suficientes para procesar de manera independiente cada función de seguridad como subsistema de lógica y un subsistema de salidas y/o control de actuadores con elementos clasificados de seguridad (contactores)</p> |
|----------------------------|---|---|

| | | |
|----------------------------|------|--|
| | | <p>SF1-B: Instalar cortina de luz y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la maquina está operativa o en STOP y una persona interrumpe la barrera, la maquina recibirá una señal de parada de emergencia. En el caso de que la cortina de luz es interrumpida por operario</p> |
| Función de Seguridad (SF1) | de 1 | <p>Función de parada relativa de seguridad iniciada por un protector</p> <p>SF1-C: Instalar interruptor de enclavamiento y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la maquina está operativa o en STOP y una persona pulsa el botón permisivo, la maquina realiza parada de máquina proviniendo después de un tiempo la energía residual que pueda quedar en el sistema, pasado este tiempo el interruptor de enclavamiento se libera y permite el acceso controlado a la zona Puerta # 1</p> <p>SF1-D: Instalar interruptor de enclavamiento y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la maquina está operativa o en STOP y una persona pulsa el botón permisivo, la maquina realiza parada de maquina proviniendo después de un tiempo la energía residual que pueda quedar en el sistema, pasado este tiempo el interruptor de enclavamiento se libera y permite el acceso controlado a la zona Puerta # 2</p> <p>SF1-E: Instalar interruptor de enclavamiento y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la maquina está operativa o en STOP y una persona pulsa el botón permisivo, la maquina realiza parada de maquina proviniendo después de un tiempo la energía residual que pueda quedar en el sistema, pasado este tiempo el</p> |

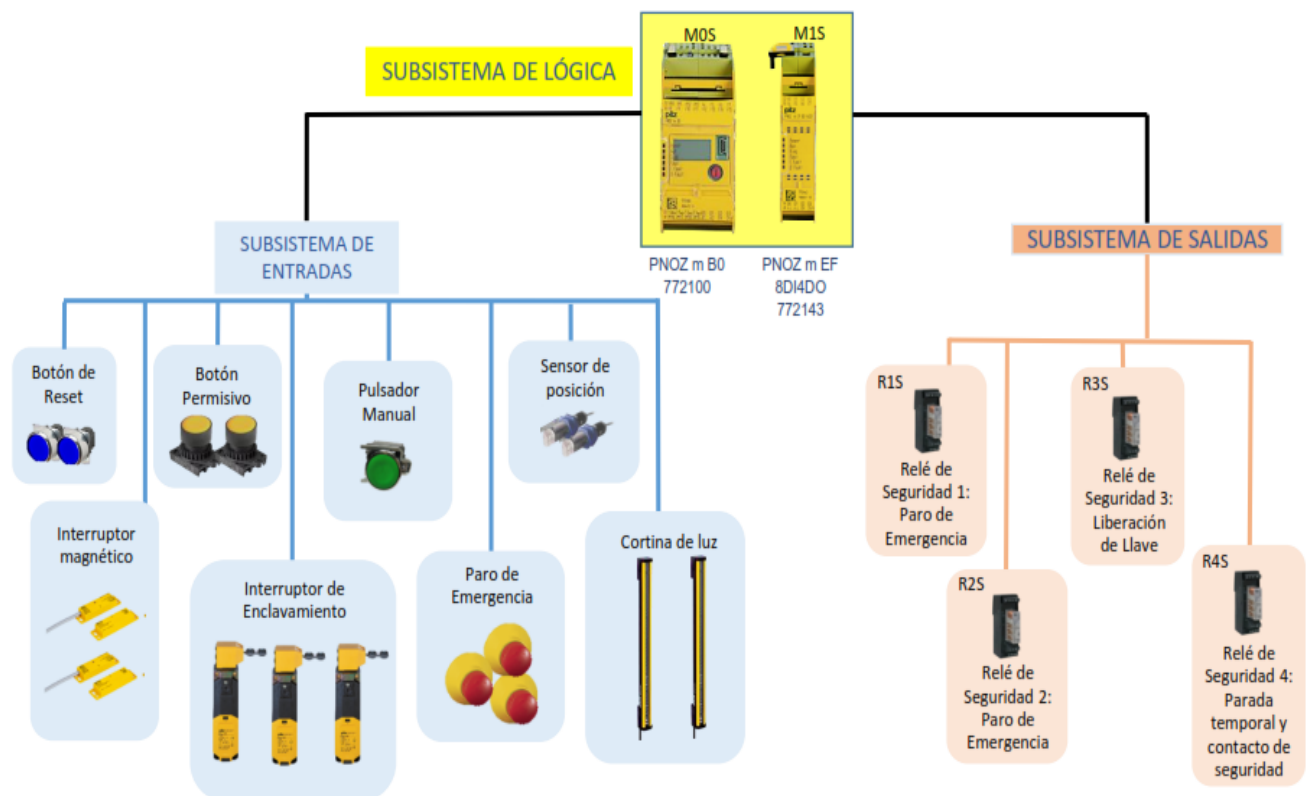
| | |
|--|--|
| | <p>interruptor de enclavamiento se libera y permite el acceso controlado a la zona Puerta # 3</p> <p>SF1-F: Instalar interruptor de enclavamiento y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la maquina está operativa o en STOP y una persona pulsa el botón permisivo, la maquina realiza parada de maquina proviniendo después de un tiempo la energía residual que pueda quedar en el sistema, pasado este tiempo el interruptor de enclavamiento se libera y permite el acceso controlado a la zona Puerta # 4</p> <p>SF1-G: Instalar botón permisivo habilitación interruptor de enclavamiento puerta # 1, este dispositivo tiene como objetivo liberar el interruptor de enclavamiento después de destinando tiempo.</p> <p>SF1-H: Instalar botón permisivo habilitación interruptor de enclavamiento puerta # 2, este dispositivo tiene como objetivo liberar el interruptor de enclavamiento después de destinando tiempo.</p> <p>SF1-I: Instalar botón permisivo habilitación interruptor de enclavamiento puerta # 2, este dispositivo tiene como objetivo liberar el interruptor de enclavamiento después de destinando tiempo.</p> <p>SF1-J: Instalar botón permisivo habilitación interruptor de enclavamiento puerta # 4, este dispositivo tiene como objetivo liberar el interruptor de enclavamiento después de destinando tiempo.</p> |
| | <p>Función de rearme manual – reset</p> |

| | | |
|---|-------|--|
| Función de Seguridad (SF2) | de 2 | SF2-A: Instalar un botón de rearme manual (reset) conectado al sistema de seguridad conforme lo establecido en la ISO13849-1. El fin del pulsador es que el operario restablezca manualmente funciones de seguridad determinadas ante de una nueva puesta en marcha de la máquina en el Tablero de la máquina. |
| Función de Seguridad (SF3) | de 3 | Prevenición de una puesta en marcha intempestiva SF3-A: Se cumple con las funciones de seguridad SF1-A y SF2-A. Al garantizar que las señales de control estén gobernadas por la arquitectura de seguridad propuesto, la máquina no arrancará a menos que las funciones de seguridad instaladas se encuentren operativas previo al rearme manual y el PLC de seguridad confirme a través del monitoreo la funcionalidad del sistema. |
| Función de Seguridad (SF6) | de 6 | Función de mando sensitivo SF6-A: Instalar estación de mando a dos manos y llevar sus señales al circuito de seguridad propuesto. La lógica de este dispositivo viene dada por: Si la máquina está operativa o en STOP, deben estar las dos manos en simultáneo para que la prensa realice su proceso, si esta condición no se cumple la prensa debe pasar a modo seguro y por lo tanto bloquear el movimiento instantáneo de la máquina. |
| Función de Parada de Emergencia (Medida Preventiva Complementaria) (SF14) | de de | Función de parada de emergencia SF14-A: Cablear el paro de emergencia existente al PLC de seguridad SF14-B: Cablear el paro de emergencia existente al PLC de seguridad SF14-C: Instalar un paro de emergencia de acuerdo a la norma ISO13850 SF14-D: Instalar un paro de emergencia Inalámbrico de acuerdo a la norma ISO13850 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se hace referencia a los diferentes componentes y tipos de parada que se implementan en la máquina, como lo son las puertas que delimitaron el espacio de trabajo de la máquina y sus dispositivos de verificación, esto es, los dispositivos de enclavamiento o sensor RFID para hacerla segura al momento de detenerse mediante la función de parada relativa de seguridad iniciada por un protector, función de rearme manual – reset, función de mando sensitivo, función de parada de emergencia

Imagen 2. Arquitectura de dispositivos

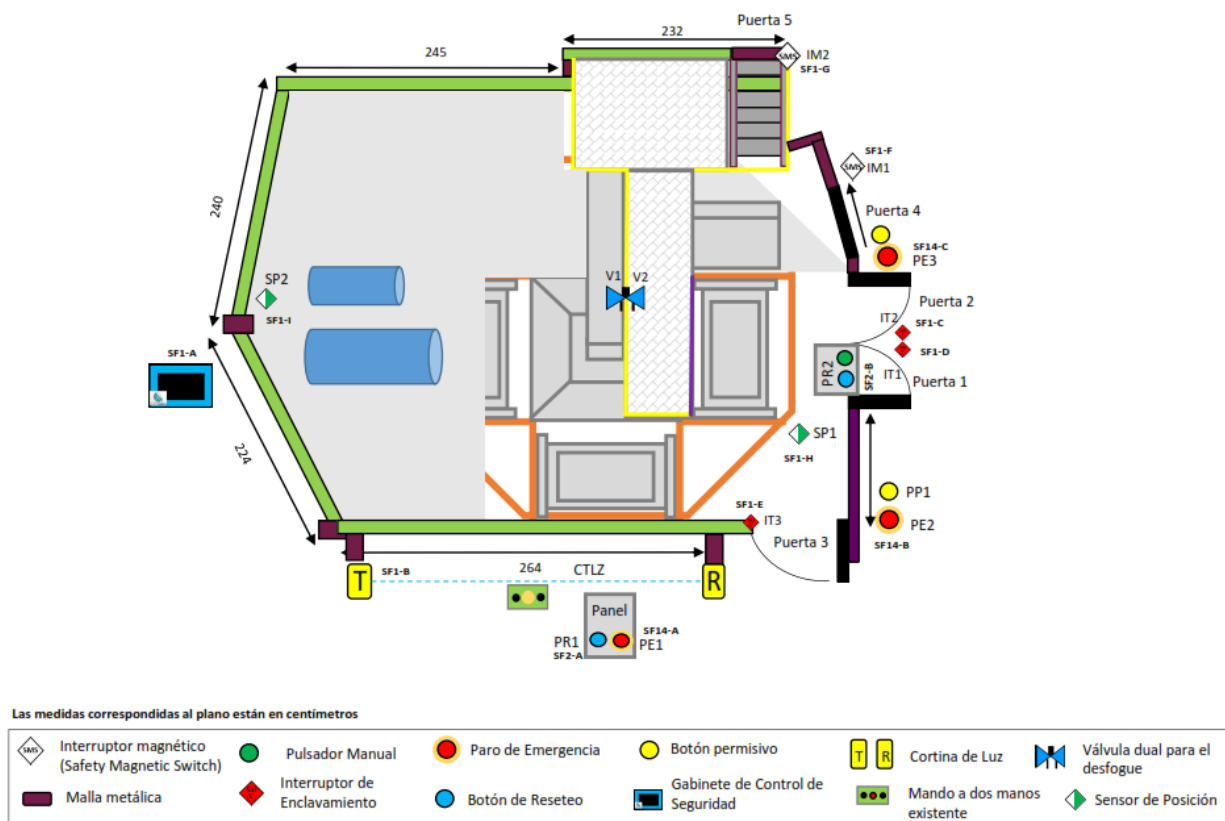


Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 2 se describe la arquitectura de dispositivos, esta se compone de un mando central con el PLC de seguridad marca PILZ, complementados por periferia de seguridad con los son interruptores de enclavamiento, paros de emergencia, cortinas de luz, interruptor magnético, botones permisivos, sensores de posición, los cuales son usados para conocer la rotación de la cruz de malta, botón de reset, que sirven como señales de aviso para saber qué tipo de parada es y determinar cómo actúan los relés de seguridad.

Diseño de arquitecturas de subsistemas de entrada, lógica y salida conformado por elementos de periferia instalados en la máquina, o en las zonas donde se instalan los dispositivos:

Imagen 3. Elementos de entrada de la máquina



Fuente: Elaboración propia.

En Imagen 3 se visualiza de manera superior la máquina Brown con la implementación de malla metálica, ubicación de botones de (reset, permisivos, parada), cortina de luz¹. Acciones del sistema de seguridad propuesto (SRP/CS-ISO 13849-1). Funciones de Seguridad del SRP/CS.

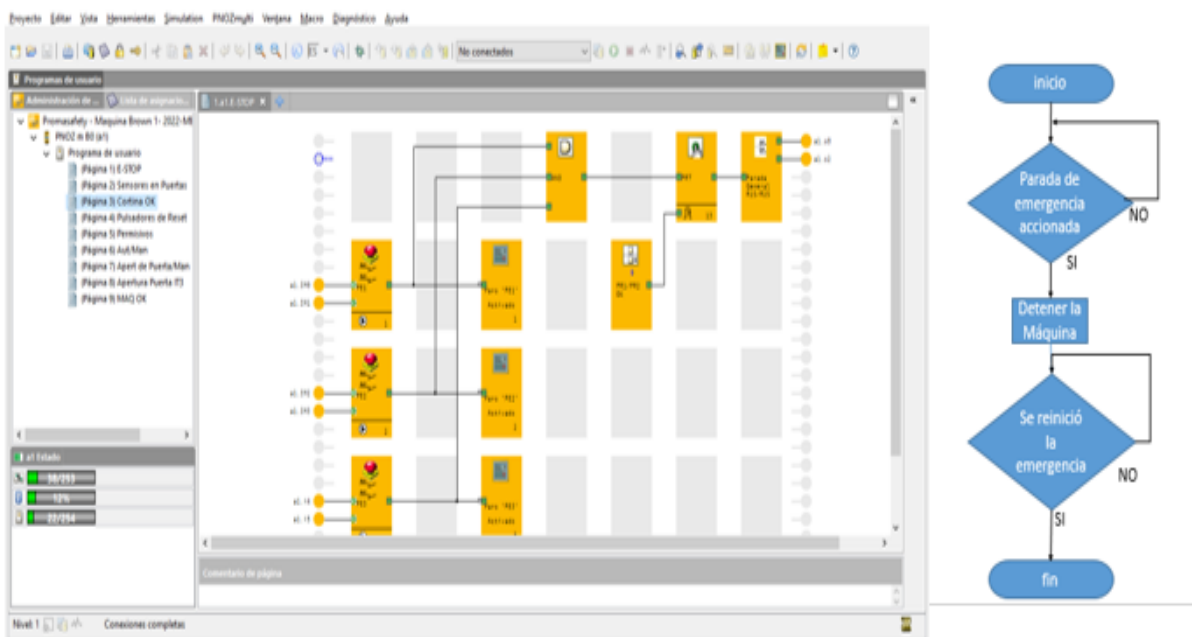
¹ Para mayor información de qué es cada uno y como están distribuidos según su función dirigirse a la Tabla **¡Error! Solo el documento principal..**

METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 3

Desarrollo de software para su implementación

El programa lógico se desarrolló en el software PNOZ Multi Configurator V10.14 de la marca PILZ, su lenguaje de programación es por medio de bloques de funciones, y en su librería cuenta con elementos preestablecidos de seguridad los cuales son arrastrados a la paleta de trabajo para ir estructurando la secuencia lógica. El árbol de trabajo del programa está definido en la parte izquierda y fue estructurado por paginas correspondientes a las funciones de seguridad determinadas en el análisis de riesgos, como se puede observar en la siguiente imagen:

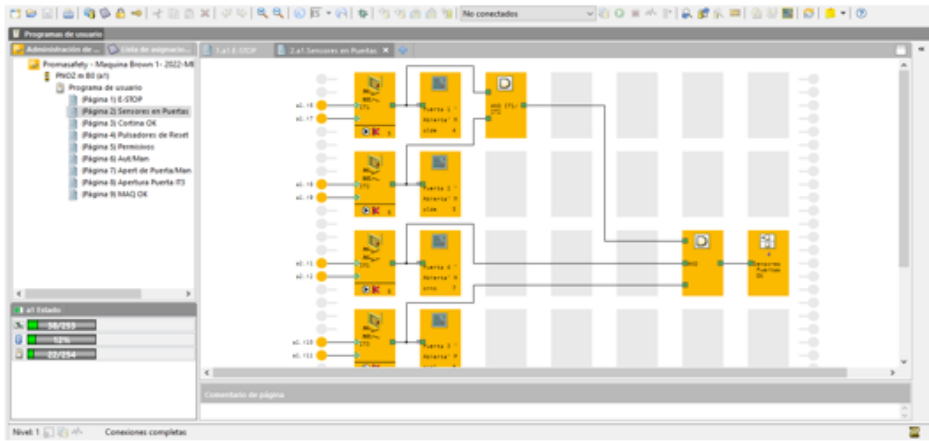
Imagen 4. Árbol de programa de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 4 hace referencia a la página que corresponde a las paradas de emergencias instaladas estratégicamente en la maquina cerca de los puntos de operación. Estas señales digitales con sistema redundante van conectadas a una función lógica que evalúa si todas las paradas de emergencia están liberadas, de lo contrario no hay una señal positiva que se ejecute dentro de la lógica para entregar una salida digital que active el relé parado de emergencia general.

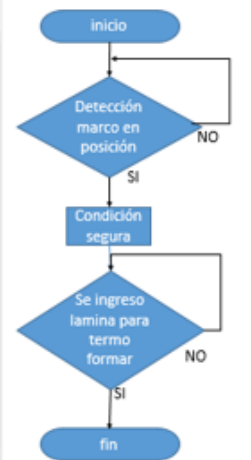
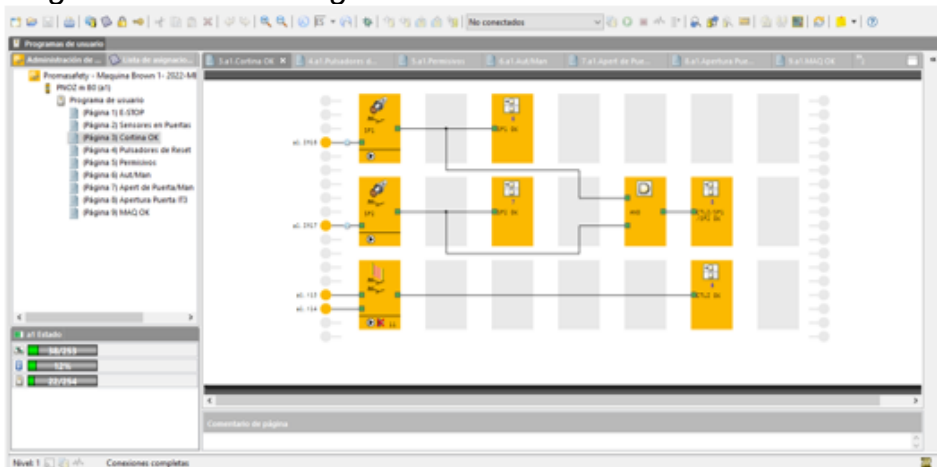
Imagen 5. Elementos instalados



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 5 se describe la segunda página del árbol de proyecto en el cual se programó la secuencia lógica de los sensores que se encuentran en las puertas de acceso a la máquina, y por medio de las funciones lógicas se evalúa que todos los dispositivos se encuentren bien para que la marca del sistema “sensores puerta ok” se cumpla y de esta forma ser evaluada en las siguientes páginas.

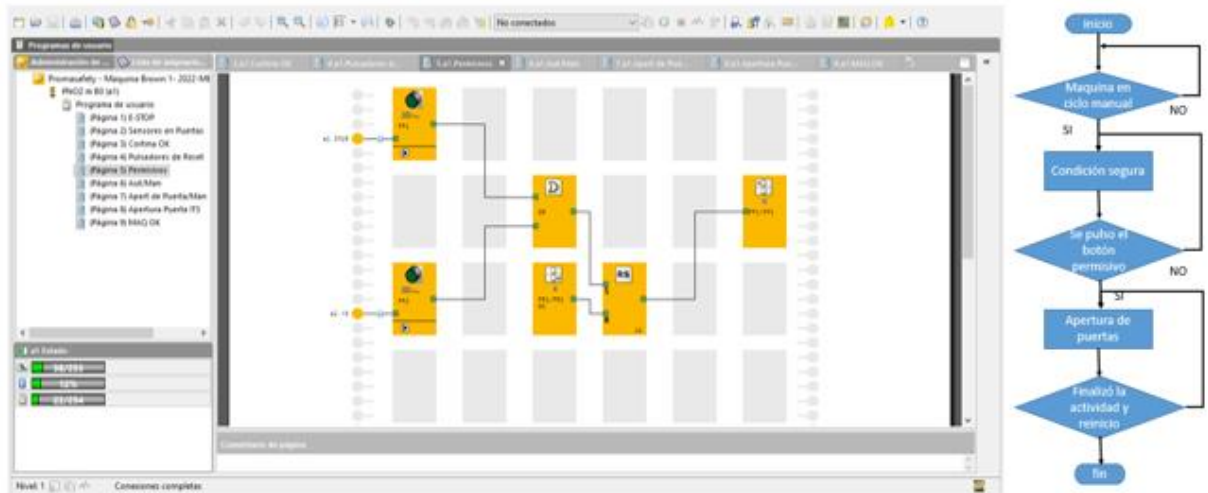
Imagen 6. Secuencia lógica



Fuente: Elaboración propia.

En imagen 6 hace referencia a la tercera página del árbol de proyecto y se compone por las entradas digitales de los sensores de posicionamiento de giro del marco y la cortina de luz, donde se supervisa que las condiciones sean seguras para realizar el cargue de la lámina sin poner en riesgo la integridad del operador.

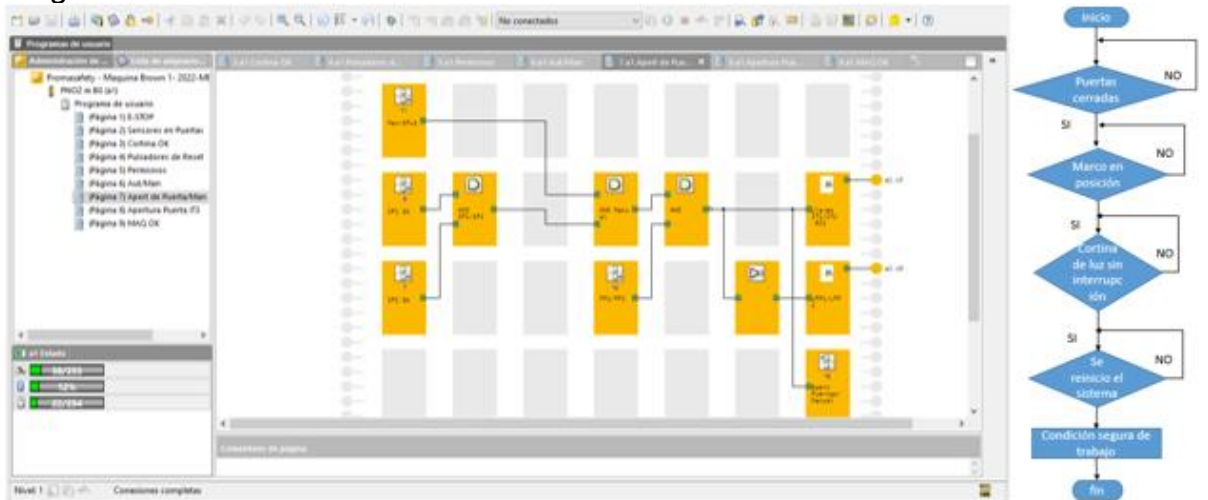
Imagen 7. Entradas digitales



Fuente: Elaboración propia.

La imagen 7 describe la tercer y cuarta página del árbol de proyecto, se evalúan los pulsadores permisivos para la apertura de las puertas, eliminando condiciones inseguras y también verifica el estado de los pulsadores de reinicio del sistema.

Imagen 8. Pulsadores



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 8 del árbol de proyectos, en la página seis a la nueve se verifica el cumplimiento lógico de las marcas de sistema definidas en las páginas anteriores y se activan las salidas digitales que conmutan los relés de seguridad conectados físicamente.

METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECIFICO 4

Validación del sistema de seguridad instalado en la maquina

El protocolo de validación de las partes de los sistemas de mandos relativas a la seguridad se ajusta a la norma ISO 13849-1: 2015, está compuesto por la lista de chequeo que se presenta a continuación:

Tabla 13. Validación del sistema de seguridad instalado

| Ítem | Evaluación protecciones mecánicas, guardas móviles, cortinas, interruptores magnéticos e interruptores de enclavamiento con bloqueo de puerta, pulsadores (reset y permisivo) | comentario |
|------|---|------------------------------------|
| 1 | Verifique que los protectores de barrera/guardas estén alineados verticalmente y horizontalmente | Cumple |
| 2 | Verifique que todos los protectores deslizantes y con bisagras se muevan libremente y se posicionen de forma correcta | Cumple |
| 3 | Verifique que todas las secciones de protección de cortinas estén a distancia de montaje segura de los peligros según las normas ANSI (altura de barrera y tamaño de apertura) | Cumple |
| 4 | Para protectores móviles con enclavamientos y bloqueo de puerta, el tiempo requerido para que el peligro alcance una condición de seguridad | Existe inercia al parar la maquina |
| 5 | Asegúrese de que se cumplan las distancias de seguridad, entre el peligro y el plano de las cortinas de luz | Cumple |
| 6 | Verifique que los peligros protegidos puedan alcanzar de manera rápida y consistente una condición segura para la compatibilidad con el uso de dispositivos de detección de presencia | Cumple |

| | | |
|----|--|--------|
| 7 | Asegúrese que las cortinas de luz, al ser interrumpidas durante el giro del marco, realicen la función de seguridad establecida para tal fin (parada de emergencia) | Cumple |
| 8 | Verifique la función de seguridad de los interruptores de enclavamiento con bloqueo de puerta, cumplan la secuencia de control de seguridad | Cumple |
| 9 | Verifique la función de seguridad de los interruptores de enclavamiento (puerta bloqueada en cualquier modo de operación) | Cumple |
| 10 | Verifique que el botón de reinicio este ubicado en el panel de control de la máquina y en correcto funcionamiento | Cumple |
| 13 | Verifique que la parada de emergencia tenga fácil acceso que no pueda activarse accidentalmente, que funcione continuamente y que se claramente visible desde la ubicación esperada del operador | Cumple |
| 14 | Verifique que la parada de emergencia sea un botón de bloqueo (mantenido) con operación de apertura directa | Cumple |
| 15 | Verifique que el circuito de parada de emergencia desconecte la alimentación de los actuadores que causan situaciones peligrosas | Cumple |
| 16 | Verifique que el restablecimiento de cada parada de emergencia accionada se debe realizar en el dispositivo antes de que el equipo pueda volver a funcionar | Cumple |
| 17 | Verifique que los puntos de entrada y salida del gabinete de control de seguridad coincidan con los dispositivos de protección conectados y las descripciones esquemáticas | Cumple |
| 18 | Asegúrese que la funcionalidad general del PLC de seguridad no permita una condición insegura (que | Cumple |

| | | |
|----|---|--------|
| | incluye, entre otros: reinicio automático de cualquier peligro, falta de restablecimiento requerido donde exista acceso de cuerpo completo entre la protección y el peligro, etc.). | |
| 19 | Verifique que los enclavamientos de bloqueo permanezcan bloqueados hasta que se hayan controlado todas las condiciones peligrosas accesibles | Cumple |
| 20 | Asegúrese que el restablecimiento del sistema de protección ocurra solo al liberar los dispositivos de restablecimiento, botón de reset | Cumple |
| 21 | Desconecte y ponga en cortocircuito los cables conectados a las paradas de emergencia y verifique que el PLC de seguridad se va a modo seguro por falla detectada en las líneas de testeo | Cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar la implementación de autómatas programables de seguridad se realiza una lista de chequeo en la tabla 11 para comprobar que la máquina cumpla con los diferentes protocolos de seguridad y posibles fallas en el sistema, para garantizar y comparar el grado de cumplimiento que se obtuvo según la norma.

RESULTADOS

Se implementaron las funciones de seguridad integrando cada uno de los elementos que componen los subsistemas de entrada, lógica y salida de la máquina, cumpliendo con un 95% las recomendaciones de la norma según con los datos obtenidos en la validación, este proceso se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la tabla 11, el porcentaje de cumplimiento se haya de la siguiente manera.

$$\text{Porcentaje de cumplimiento: } \frac{\text{item cumplidos}}{\text{item totales}} * 100$$

$$\text{Porcentaje de cumplimiento: } \frac{20}{21} * 100 = 95\%$$

A continuación, se muestra la máquina termoformadora Brown antes de las mejoras de seguridad y desde donde se parte el análisis en cual se puede evidenciar en la Tabla 14. Operaciones realizadas en la máquina Brown, adicional en las Tablas 15. Cálculo del nivel del riesgo y Tabla 16. Puntaje inicial de riesgo y nivel según metodología se halla el factor de riesgo de máquina

Imagen 9. Máquina antes de mejoras



Fuente: Fotografía propia.

La imagen 9 hace referencia a la cantidad de obstáculos (flecha roja) que tenía la máquina al momento de operar y la necesidad de hacer una extensión (circulo azul) de mando de operación para salir del rango de movimiento de la máquina y salvaguardar la integridad del operario.

Imagen 10. Maquinaria y mando



Fuente: Fotografía propia.

En la Imagen 10 se describe la visualización de rotación de máquina (flecha roja) la cual sobresale de guardas que la limitan, adicional se observa que las guardas (flechas azules) no están en buen estado, también muestra el estado del mando de la máquina y sus diferentes accionadores (pulsadores).

Imagen 11. Rotación de la máquina (movimiento inesperado)



Fuente: Fotografía propia.

Imagen 12. Rotación de la máquina (posicionada correctamente)



En la Imagen 11 se describe de manera visual como la rotación de la máquina tiene movimientos inesperados al momento de parar, sobresaliendo de las guardas que la limitan, de ahí se partió en como se puede salvaguardar al operador al momento en que sucedan este tipo de variaciones en el sistema, en la imagen 12 se observa maquina bien posicionada al momento de parar.

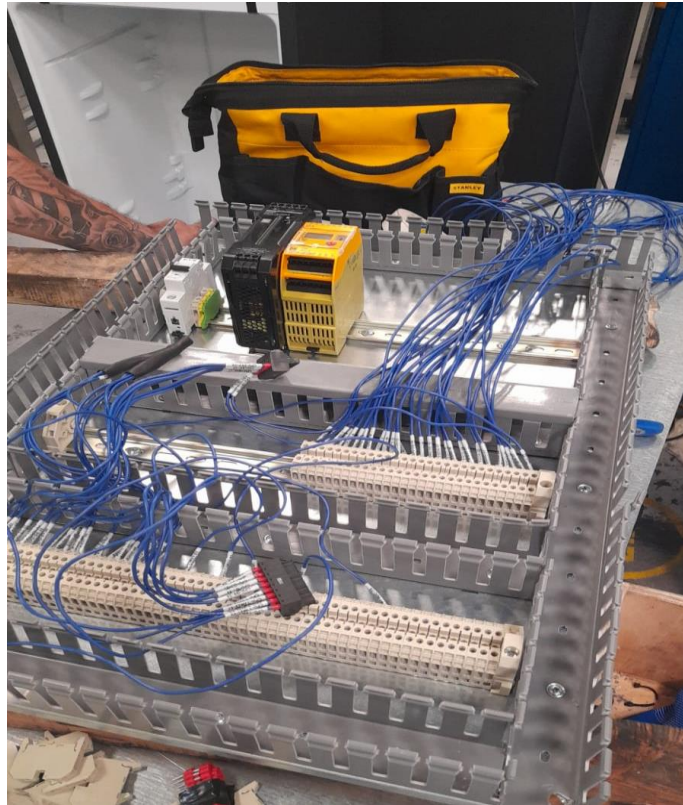
Imagen 13. Controlador de seguridad PILZ



Fuente: Fotografía propia.

En la imagen 13 se observa el autómata programable de la marca PILZ con módulo de salida el cual se encarga de monitorear y autorizar las paradas de la máquina, esto se puede evidenciar con más claridad en la imagen 12. Arquitectura de dispositivos y la imagen 13. Elementos de entrada de la máquina

Imagen 144. Tablero de control de seguridad



Fuente: Fotografía propia.

En la imagen 14 se observa cómo es la realización del tablero eléctrico y en qué posición se instala el automático de seguridad, dejando espacio para una posible ampliación posterior para mejorar el sistema de seguridad.

Imagen 15. Seguridad y mandos



Fuente: Fotografía propia.

En la imagen 15 se observa después de integración de seguridad con la instalación de las cortinas de luz, mandos permisivos y reinicio en tablero auxiliar cumpliendo con la norma y asegurando la integridad del operador, mejorando la estética y la funcionalidad de la máquina.

Implementación de guardas fijas para impedir accesos a la máquina en su funcionamiento

Imagen 16. Guardas y acceso a máquina



Fuente: Fotografía propia.

En la imagen 16 se puede visualizar como se implementaron las guardas fijas y de acceso para limitar tanto el movimiento de la máquina, como el ingreso del operador a ella. En caso de necesitar un ingreso se debe solicitar el permiso por medio de un pulsador permisivo (circulo naranja), el autómeta de seguridad evaluará si es seguro concederlo, ya que se tiene en cuenta que la maquina este parado completamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó un análisis de los principales riesgos de la termoformadora Brown, se analizó el contacto inicial del operario con la misma, como se desenvolvía al momento de maniobrarla, lo cual permitió detectar el peligro y riesgo al cual estaba expuesto, adicional se hace un recorrido alrededor de la máquina para identificar con qué contaba en su estructura física para garantizar la integridad del operador, dando como resultado una identificación de unas guardas metálicas, las cuales no lo protegían mucho, ya que el operador las podía abrir en cualquier momento y entrar a la máquina, a partir de todo esto se precedió a diseñar una propuesta con arquitectura de seguridad, dando cumplimiento a la norma ISO 13849-1.

Se diseñó una arquitectura de seguridad donde se reduzcan los riesgos asociados a la termoformadora para garantizar un funcionamiento seguro de la maquina preservando la vida. El análisis fue realizado adoptando la ISO 13849-1, y su manera de evaluar la maquina Brown, de ello se sustenta la propuesta de seguridad, la cual era un autómata programable de seguridad, con periferia por la estructura de la máquina, con los dispositivos de enclavamientos y sensores RFI usados para verificar el estado de las puertas, los pulsadores permisivos y de reset, paros de emergencia, cortinas de luz, con el fin de proteger el trabajador al momento de operar la máquina.

Se desarrolló un programa lógico en un autómata programable, integrando funciones de seguridad para la mitigación de los riesgos asociados al funcionamiento de la termoformadora Brown, dicha arquitectura se planteó en el software PNOZ Multi Configurator V10. 14 de la marca PILZ, con el cual se realizó supervisión de la maquina por medio de dispositivos de seguridad, se realizaron, además, mediciones y opciones de trabajo con la máquina, así como la posibilidad de crear un diseño, evaluación y reducción del riesgo mediante la adaptación propia de la ISO 12100 - ISO 13849-1.

Finalmente, la validación de las funciones de los sistemas de seguridad con el estudio de posibles fallas, permite establecer que actualmente con la implementación de la seguridad en la máquina, se logró la mitigación de los riesgos asociados a la operación de la misma, evitando la interacción del operador con el peligro y

garantizando que sea un trabajo seguro que reduce el riesgo de accidentes laborales y permite a la empresa ser líder en el manejo de estas funciones, y a su vez la limitación del personal en el acceso ante condiciones no seguras y riesgosas.

RECOMENDACIONES

Para una próxima renovación al sistema de seguridad se recomienda un cambio de tecnología al momento de darle movimiento a la cruz de malta para el giro, ya que esta gira por medio de 3 cilindros neumáticos, los cuales al momento de parar dicho giro del marco se genera una inercia, dicho sistema se puede reemplazar por una tracción mecánica por medio de cadena y piñones el cual mueva un motor con freno, que esté controlado por un variador de velocidad con su respectiva reactancia y resistencia de frenado, implementando sensores de cambio de velocidad y paro en estación.

De igual forma se recomienda realizar análisis periódicos a las actividades señaladas en el Anexo 1, y a los operarios de la termoformadora Brown para conocer el impacto que se ha tenido en la reducción de las implicaciones que ha tenido en la estimación y análisis de los riesgos, para establecer medidas de mejora y de acción preventiva y correctiva con las cuales se propenda por la salud y la vida de los trabajadores de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO, N. Y MOLANO, De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales. *Innovar*.2013 .23-48p, 21-32p.

ARL SURA , “Riesgos Laborales”. {En línea}. {11 de octubre de 2022} disponible en: <https://www.arlsura.com/index.php/component/kdglossary/>

BARRERA, Julio.” Arp Sura” {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://www.arlsura.com/files/riesgomecanico-alimentos.pdf>

BLOCKED, ”Digi key”. {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://www.digikey.com/es/blog/what-is-a-plc>

CCS, “Concejo Colombiano de Seguridad”. {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://ccs.org.co/riesgo-mecanico/>

CHIAVENATO, I. Gestión del talento humano. 3ª. Edición. México: McGraw Hill. 2009.120 p

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (11 de julio de 2012). Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional. [Ley 1562 de 2012].

CRACK THE CODE.” ¿Qué es la programación por bloques?” {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://blog.crackthecode.la/programacion-en-bloques>.

GmbH. ”Controles PLC - Pilz ES”. {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://www.pilz.com/es-ES/products/controllers/plc-controllers>

GONZÁLEZ, A., BONILLA, J., QUINTERO, M., REYES, C., & CHAVARRO, A. (2016). Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 31(1), 05-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000100001>

GSL. “¿Qué es la automatización industrial?” {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-la-automatizacion-industrial>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, ROBERTO Y MENDOZA, Christian. Metodología de la Investigación: Las Rutas cuantitativa, cualitativa y Mixta. Ciudad de México: McGraw Hill. 2018

LA PATRIA. “Caldas, segundo en tasa de accidentalidad laboral.” {En línea}. {11 de julio de 2022} Disponible en: [https://www.lapatria.com/salud/caldas-segundo-en-tasa-de-accidentalidad-laboral-](https://www.lapatria.com/salud/caldas-segundo-en-tasa-de-accidentalidad-laboral-477691#:~:text=%2D%20Durante%20el%20primer%20cuatrimestre%20del,fue%20de%202%2C13%20accidentes)

477691#:~:text=%2D%20Durante%20el%20primer%20cuatrimestre%20del,fue%20de%202%2C13%20accidentes

LA SEGURIDAD DE LA GENTE ES PRIMERO {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: <https://promasafety.com/>

MABE VENEZUELA. “Mabe invierte siete millones de dólares en ampliación de planta”. {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: <http://www.mabe.com.ve/archives/manizales.html>

PLASTICOM LTDA. “¿Que es el termoformado?” {En línea}. {30 de Julio de 2021} Disponible en: <https://plasticom.cl/que-es-el-termoformado/>

PROMASAFETY. “La seguridad de la gente es primero” {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: <https://promasafety.com/>

PYMES.” Tareas de alto riesgo en empresas” {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/66-centro-de-documentacion-anterior/prevencion-de-riesgos-/484--sp-28338>

QUIÑONES, C y VÁSQUEZ, V. (2014). El sistema de seguridad y salud en el trabajo en la empresa polipropileno del Caribe S.A. Propilco S.A. en Cartagena. [Trabajo de grado. Universidad de Cartagena]. Repositorio.

SICMA. “Qué es la Maquinaria Industrial, para que se usa y sus tipos, Soluciones Integrales para la Industria 4.0”. ” {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: <https://www.sicma21.com/maquinaria-industrial-que-es-y-tipos/>

TALLER MABE. “MABE – Historia” {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://taller2mabe.wordpress.com/2017/11/06/mabe-historia/>

UC3M. “Riesgos mecánicos”. {En línea}. {11 de octubre de 2022} Disponible en: <https://www.uc3m.es/prevencion/riesgos-mecanicos#:~:text=Se%20entiende%20por%20riesgo%20mec%C3%A1nico,materiales%20proyectados%2C%20s%C3%B3lidos%20o%20fluidos.>

UNE-EN ISO 12100. (2012). Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

UNE-EN ISO 13849-1. (2015). Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño. (ISO 13849-1:2015)

UPV/EHU. "Servicio de Prevención". {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: <https://www.ehu.eus/es/web/prebentzio-zerbitzua/makineria>

UPV/EHU. "Maquinaria". {En línea}. {11 de agosto de 2022} Disponible en: de <https://www.ehu.eus/es/web/prebentzio-zerbitzua/makineria>

ANEXO 1.

MANUAL PARA EL USO DE LOS NUEVOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD. MÁQUINA: TERMOFORMADORA BROWN 1

OBJETIVO

Especificar el procedimiento para una óptima operación y eficiencia de la máquina **Termoformadora Brown 1**, con las funciones de seguridad instaladas en la propuesta de reducción de riesgos.

DEFINICIONES

Parte de un Sistema de Mando Relativo a la Seguridad (SRP/CS): Parte del sistema de mando que corresponde a señales de entrada y genera señales de salida relativa a la seguridad.

Riesgo: Combinación de la probabilidad de que se produzca un daño y la gravedad de dicho daño.

Función de Seguridad: Función de una máquina cuyo fallo podría dar lugar a un aumento inmediato del (de los) riesgo (s).

Sistema Electrónico Programable (PES): Sistema para mando, protección o control cuyo funcionamiento depende de uno o más dispositivos electrónicos programables, incluyendo todos los elementos del sistema, tales como: la fuente de alimentación, los detectores, contactores, otros dispositivos de entrada y dispositivos de salidas.

Función de Parada Relativa a la Seguridad Iniciada por un Protector (SF1): Esta función debe situar la máquina en un estado de seguridad tan pronto como sea necesario después de la actuación del sistema. Este tipo de parada debe tener prioridad con respecto a una parada por razones operativas.

Función de Rearme Manual (SF2): Es una función de restablecimiento que anula la orden de parada de un protector, siempre y cuando existan condiciones seguras para una nueva puesta en marcha. Esta acción debe ser confirmada por una acción manual, distinta y voluntaria.

Función de Parada de Emergencia (SF14): Permite evitar situaciones peligrosas que pueden producirse o que se estén produciendo de forma inminente.

Peligro: Fuente de posible daño.

INFORMACION GENERAL

Resguardos

Los dispositivos de protección como resguardos tienen la finalidad de salvaguardar a las personas contra los peligros generados por elementos móviles, en función de la naturaleza del mismo y la necesidad de acceso a la zona peligrosa. Por tal razón, el seleccionar y aplicar barreras físicas, se basa en la evaluación de los riesgos correspondientes a dicha máquina.

Para el caso en estudio, “**Máquina Termoformadora Brown 1**”, la orden de “Parada” en la máquina, depende de que cese la inercia del movimiento en la que se encuentra la misma; por lo tanto, los resguardos seleccionados en la remediación tendrán un dispositivo de enclavamiento con bloqueo de puerta (excepto la puerta del horno y puerta de la escalera) donde, en conjunto con el sistema de mando, desempeñan las funciones de:

- ✓ Las funciones peligrosas de la máquina, “cubiertas” por los resguardos, NO se pueden desempeñar hasta que el resguardo no esté cerrado.
- ✓ La apertura del resguardo mientras se desempeñan las funciones peligrosas de la máquina, da lugar a una orden de parada.
- ✓ Cuando el resguardo está cerrado, las funciones peligrosas de la máquina “cubiertas” por el resguardo pueden desempeñarse.

Existe en esta máquina en especial un resguardo (puerta 4, zona del Horno), donde NO se instaló dispositivo de enclavamiento con bloqueo de puerta, debido a que la máquina presenta eventos de incendios en dicha zona y la apertura de la puerta debe ser lo más rápida posible. Por petición del cliente “Mabe” solicitaron el cambio de este dispositivo, por uno donde se pudiera realizar una apertura rápida (interruptor magnético), asumiendo los riesgos residuales potenciales: abrasión, impacto con piezas y riesgos de quemaduras.

Dispositivos

- **Pulsadores de reseteo**
Se debe ejecutar si todas las funciones de seguridad y sistemas de protección están en condiciones de seguridad.
- **Pulsadores permisivos.**
Este pulsador debe garantizar las condiciones de seguridad para la apertura de las puertas. La inhibición no debe dar lugar a situaciones peligrosas para las personas.


DISPOSITIVOS INSTALADOS EN LA MAQUINA.

1. Pulsador de reset
2. Pulsador permisivo
3. Sensores de posición.
4. Interruptores de enclavamiento con bloqueo de puertas.
5. Interruptores magnéticos.
6. Cortina de luz.
7. Arquitectura de seguridad.

MODOS DE OPERACIÓN EN LA MAQUINA

✚ Inicio de arranque de la máquina.

Para que la máquina inicie el arranque, se deben cumplir las siguientes condiciones:

| Tableros de seguridad y tablero de la máquina. |  |
|---|---|
| 1.1 El tablero de seguridad y el tablero de la máquina deben estar energizados. | |

Pulsador de reseteo

1.2 Pulsador del reseteo (color azul). Se encuentra instalado en dos tableros de control (panel de control 1 y panel de control 2) donde se presentan dos estados, tales como:

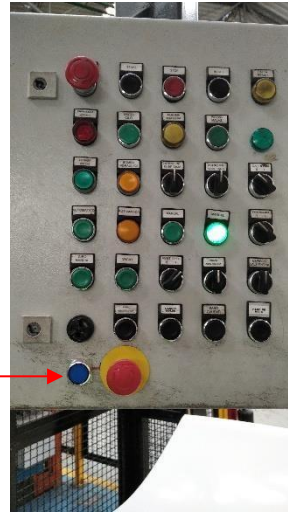
- **Pulsador de reseteo en OFF**

Al pulsar el botón de reseteo y este se apague, indica que todos los dispositivos de seguridad instalados en la máquina se encuentran en condición de seguridad.

- **Pulsador de reseteo en ON**

Al pulsar el botón de reseteo y este permanezca encendido, indica que algunos dispositivos instalados de seguridad se encuentran alarmados tales como:

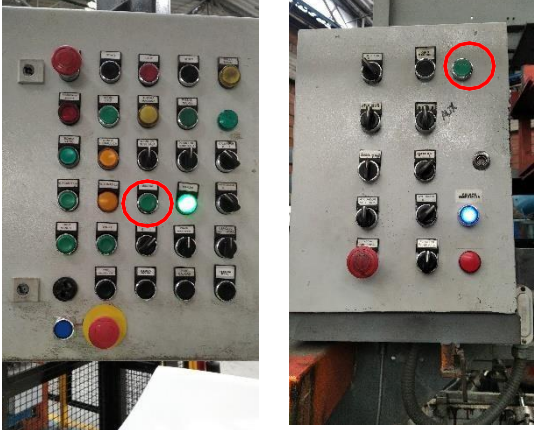
- ✓ Parada de emergencia.
- ✓ Puertas abiertas.
- ✓ Sensor de posición del marco no activo.
- ✓ Cortina de luz interrumpida.




✚ Máquina detenida “Apertura de Puertas”

Para poder realizar la apertura de las puertas, se debe cumplir:

La máquina debe estar detenida “STOP” y el modo de operación de la misma debe ser “Manual”.

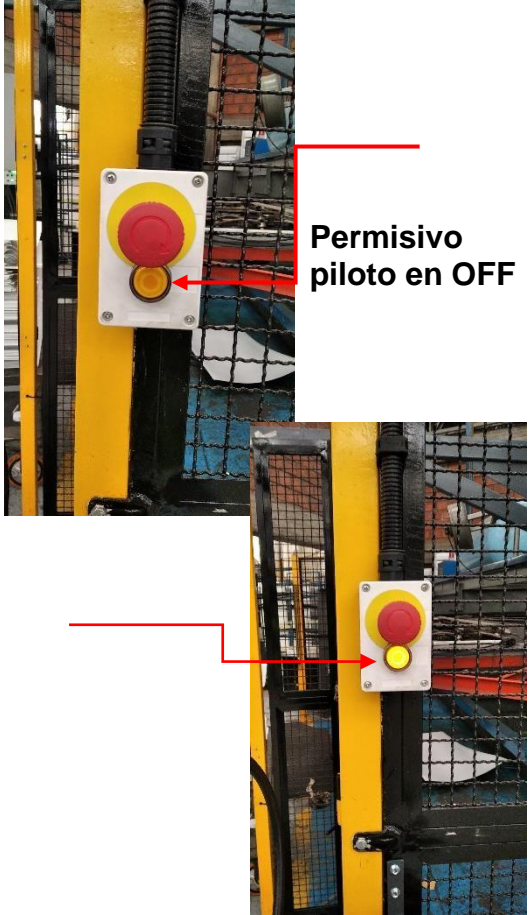
| Modo de operación de la máquina “Manual” | Panel de Control 1 |
|--|--|
| <p>1.1 Pulsar el botón que se identifica como “Manual” ubicado en cualquiera de los dos tableros de control de la máquina.</p> |  <p>Panel de Control 2</p> |




Los sensores de posición deben estar monitoreando la posición correcta del marco “STOP”.

| Sensores de posición | |
|---|--|
| <p>1.2 Existen dos sensores de posición (SP1: On y SP2: On), donde estos dispositivos validan la posición óptima (STOP) de parada del marco en la máquina.</p> <p>Si ambos sensores detectan esta posición, permite la inhibición de la cortina de luz y a su vez prepara la condición de la lógica de seguridad para la apertura de las puertas.</p> | <p>Sensor de Posición ON “Optima-STOP”</p>  |


- Para la zona del cárcamo y zona del molde:

Se debe pulsar el botón de permisivo para aperturas de puertas, tales como se indica:

| Pulsador permisivo | |
|--|---|
| <p>1.3 Existen dos pulsadores permisivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El 1er pulsador (PP1) se encuentra instalado cerca de la puerta 3 “Zona Cárcamo”. ✓ El 2do pulsador (PP2) se encuentra instalado cerca de la puerta 4 “Horno”. <p>1.4 Al cumplir la lógica anterior, ubicamos algunos de los permisivos (botón amarillo - piloto en OFF) y lo pulsamos cumpliéndose:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El botón al ser oprimido, valida la lógica de seguridad asociada a las puertas, permitiendo que el pulsador se ilumine (piloto en ON); indicando el permiso de apertura (desbloqueo de llave). |  <p style="text-align: right;">Permisivo piloto en OFF</p> <p style="text-align: center;">Permisivo piloto en ON</p> |

| Apertura zona molde y cárcamo | |
|--|--|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Paso 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Paso 2</p> </div> </div> |  |

- Para la zona del horno y zona de la escalera:

| Apertura de puerta 4 “Zona “Horno””. | |
|---|--|
| <p>1.3 Se debe cumplir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las dos condiciones anteriores (modo de operación manual y máquina detenida). ✓ Se procede a la apertura. <p>Nota: Si la apertura de la puerta se realiza en otro modo de operación, por ejemplo “Automático” o con la máquina en movimiento; la máquina tendrá una señal de parada tal como: <i>“Parada de Emergencia”</i></p> |  |

Apertura de puerta 5 "Zona Escalera".

1.4 Se debe cumplir:

- ✓ Las dos condiciones anteriores (modo de operación manual y máquina detenida).
- ✓ Se procede a la apertura.

Nota: Si la apertura de la puerta se realiza en otro modo de operación, por ejemplo "Automático" o con la máquina en movimiento, la máquina tendrá una señal de parada tal como: "*Parada de Emergencia*"



Cierre de las puertas

1.5 Para realizar el cierre de las puertas se debe cumplir:

- ✓ Cerrar la puerta donde se realizó la apertura.
- ✓ Observar que los pulsadores de reseteo se encuentran encendidos, esperando por la confirmación de las condiciones de seguridad.
- ✓ Pulsar el botón de reseteo instalado en cualquiera de los tableros de control.
- ✓ Al cambiar de estado los pulsadores de "ON a OFF", confirman que las puertas han sido cerradas correctamente, de no ser así se debe volver a realizar los pasos anteriores.



✚ Máquina detenida "Ingreso de Láminas"

En esta estación de trabajo, el operario debe ingresar las láminas para que la máquina realice su proceso de termoformado. La función de seguridad propuesta para mitigar los peligros identificado en la misma, debe obedecer a la siguiente lógica:

Cortina de luz en estado de seguridad "Inhibida" o "Alerta"

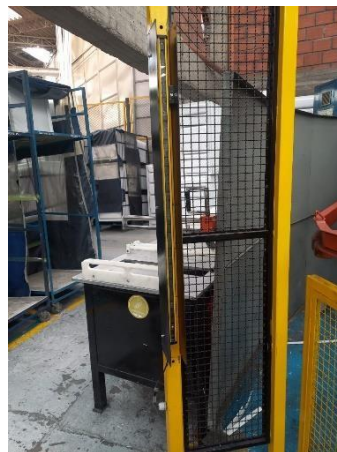
1.1 Condición de la cortina "Inhibida"

Si la máquina está detenida (SP1: On y SP2: On) y la cortina de luz es interrumpida; la máquina mantiene el estado que trae actualmente.

1.2 Condición de la cortina en "Alerta o en Seguridad"

Si la máquina está operativa (marco en movimiento) y la cortina de luz es interrumpida, la máquina se detiene por la señal de "Inicio de Ciclo".

Precaución: La señal de parada acorde a la cortina de luz, es de "Parada de Emergencia"; se deben garantizar las condiciones de seguridad por otros medios; ya que la señal actual no es suficiente para detener la máquina de forma segura.



¿Qué hacer cuando se va la energía en la planta?

Se debe verificar la ausencia de energía en la red estabilizada, ya que este es el punto de alimentación del tablero de seguridad.

Si tenemos ausencia de energía, el tablero de seguridad se encuentra apagado, en consecuencia, los dispositivos de seguridad quedan inhabilitados.

Para el caso de las puertas que están bloqueadas, al no tener energía la bobina que retiene la llave del sensor ésta queda libre, ya que su modo de operación es "Bloqueo con Energía" permitiendo la apertura de las puertas.

Ahora, si la red estabilizada se encuentra activa, los dispositivos instalados siguen conservando la lógica de seguridad propuesta.

ANEXO 2.



Nombre del proyecto
Maquina Brown 1- 2022-MB-0302-A1.mpnoz

Pilz GmbH & Co. KG Sichere Automation Felix-Wankel-Straße 2
73760 Ostfildern Germany
Tel.: +49 711 3409-0
Fax: +49 711 3409-133
E-mail: pilz.gmbh@pilz.de Web: www.pilz.de

Informe PNOZmulti

1. Vista general

En este proyecto PNOZmulti se utiliza el siguiente hardware. Encontrará información detallada en el informe de hardware.



Informe PNOZmulti

2. Índice

Nombre de informe

Página

| | |
|---|----|
| Información de proyecto | 4 |
| Configuración de hardware | 5 |
| Programa principal Información | 6 |
| -Espacio de trabajo: Programa principal | 7 |
| -Lista de asignaciones: Programa principal | 15 |
| -Referencia cruzada - E/S de hardware : Programa principal | 17 |
| -Referencia cruzada - ID de elemento : Programa principal | 19 |
| -Referencia cruzada - Tactos de prueba : Programa principal | 22 |
| -Informe de mensajes de display | 23 |

Informe PNOZmulti Información de proyecto

Información general

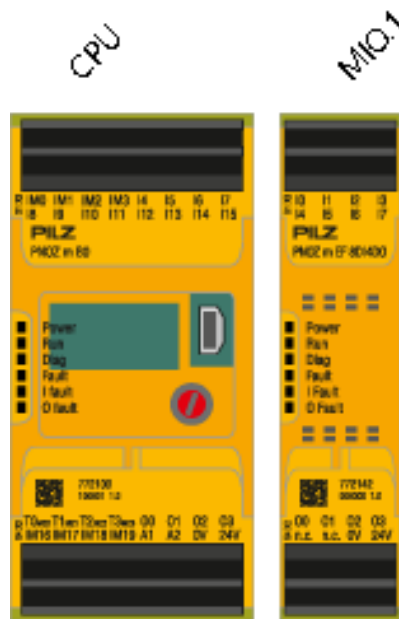
Nombre del proyecto: Maquina Brown 1- 2022-MB-0302-A1 Empresa:
 Autor:
 Revisado por:
 Nombre:
 Fecha: 10/10/2022 13:29:10
 Fecha de almacenamiento: 6/2/2022 15:01:00
 Creado en la versión: v10.14.1 build 23
 Software: v10.14.1
 Checksum total del proyecto: D690
 Comentario:
 Idioma del proyecto: español - es

Programas vinculados

| Nombre del programa | Tipo de programa | Almacenado en módulo | Nombre del módulo | Checksum segura: |
|---------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| Programa principal | Programa principal | Dispositivo base PNOZ m B0 | CPU | 4BA8 |

Informe PNOZmulti Configuración de hardware

| ID | Nombre de módulo | Versión | Indicador de equipo | Programable | Entradas | salidas | Descripción de la ubicación |
|----|---|---------|---------------------|-------------|----------|---------|-----------------------------|
| 0 | Dispositivo base PNOZ m B0 | v2.3 | CPU | Sí | 20 | 4 | |
| 1 | Módulo de salida por semiconductor PNOZ m EF 8DI4DO | v1.0 | MIO.1 | No | 8 | 4 | |



Programa principal

Información



Hardware:

Software

Checksum segura:

Checksum segura sin nivel 3:

Checksum nivel 3

Checksum textos de diagnóstico:

Comentario:

Dispositivo base PNOZ m B0

v10.14.1

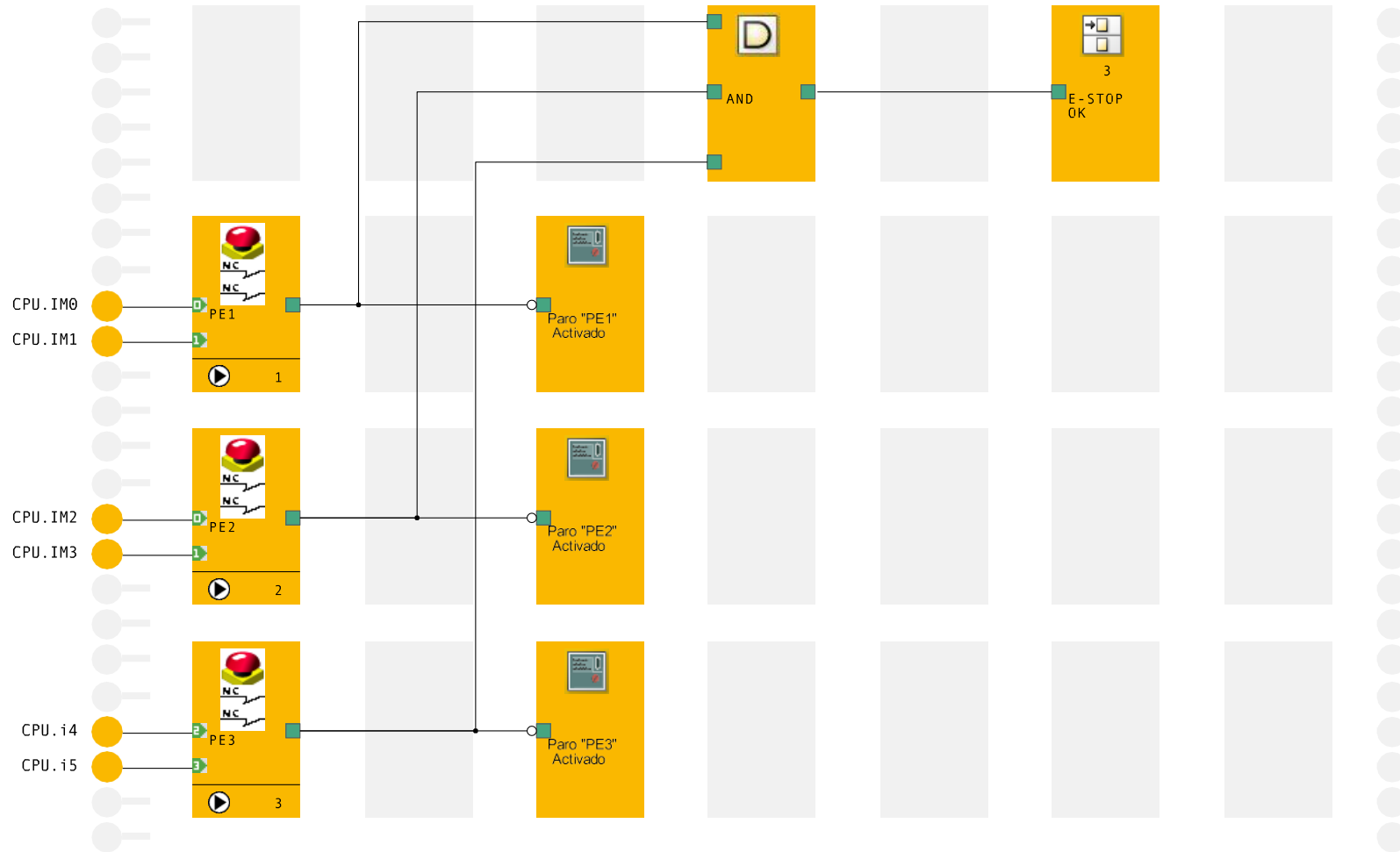
4BA8

4BA8

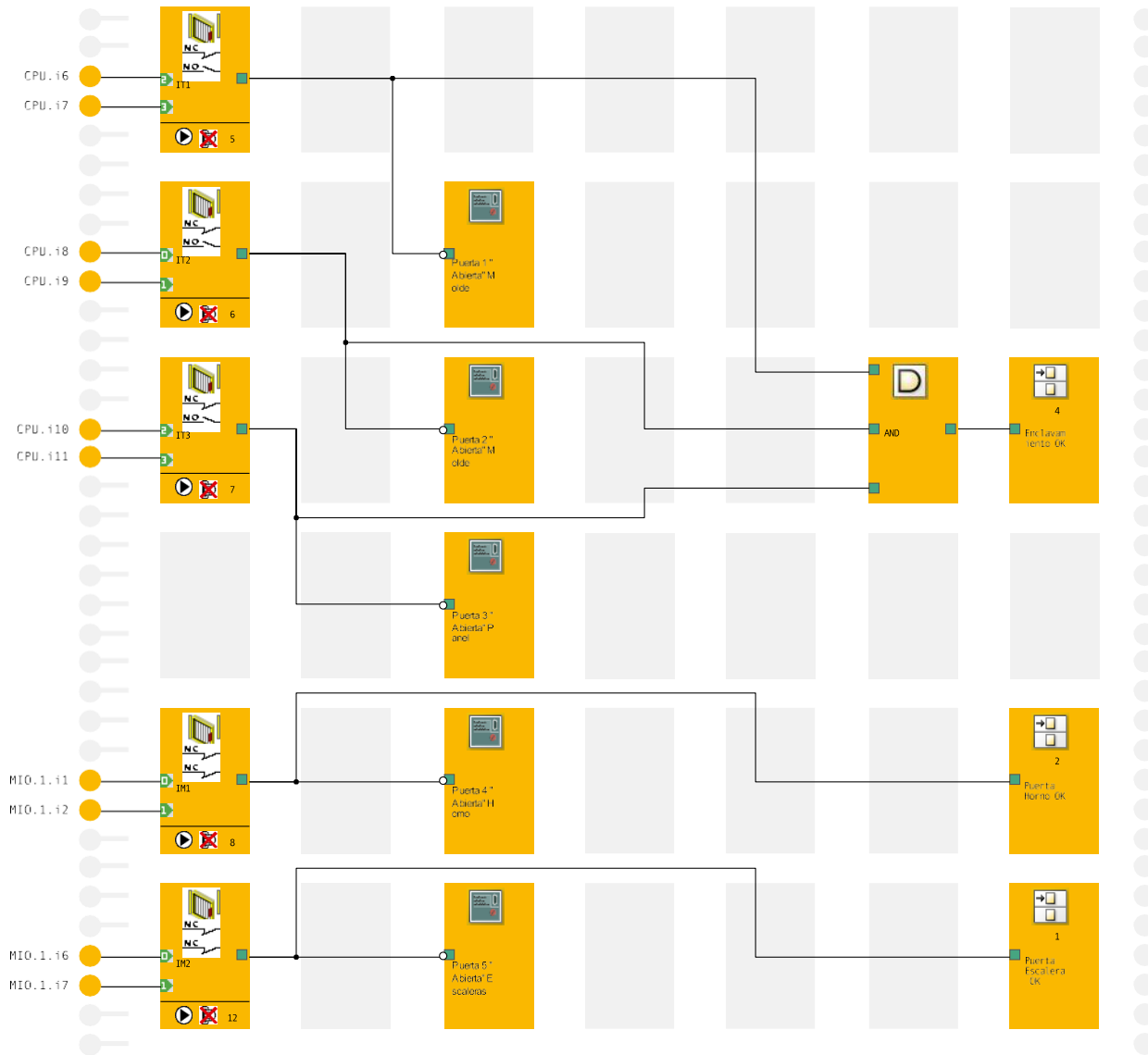
4F20

0

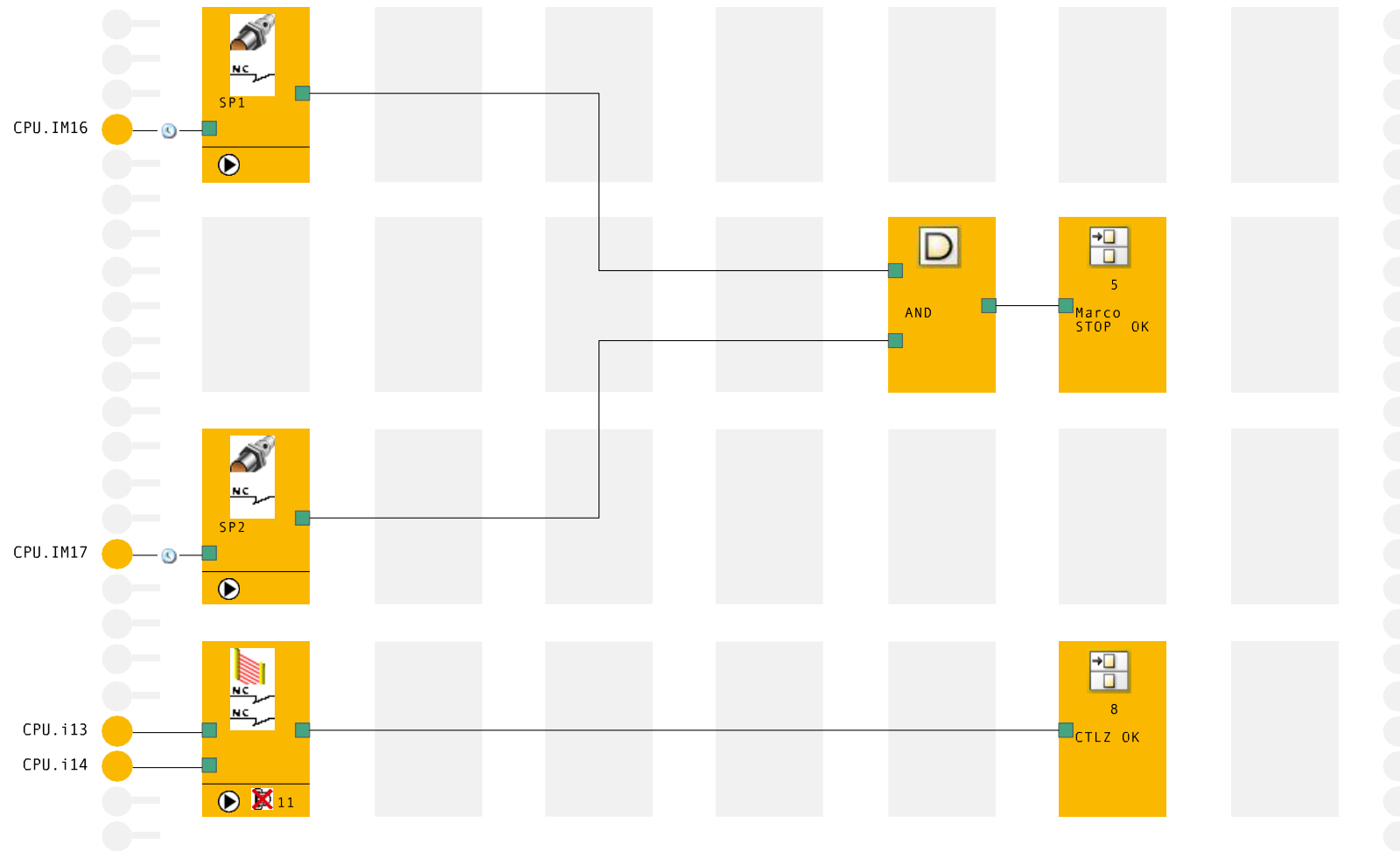
Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 1 of 8) E-STOP OK

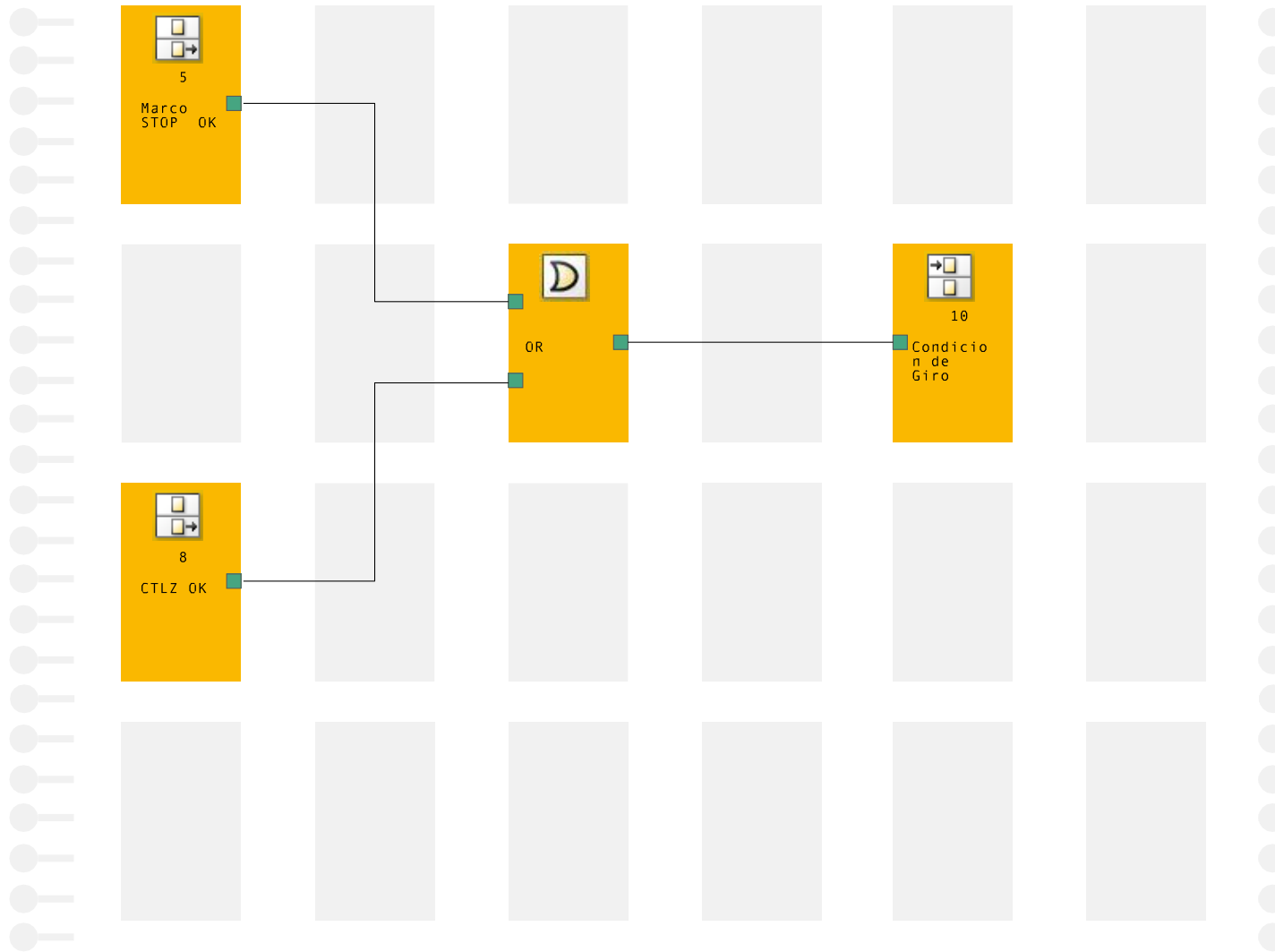


Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 2 of 8) Puertas OK

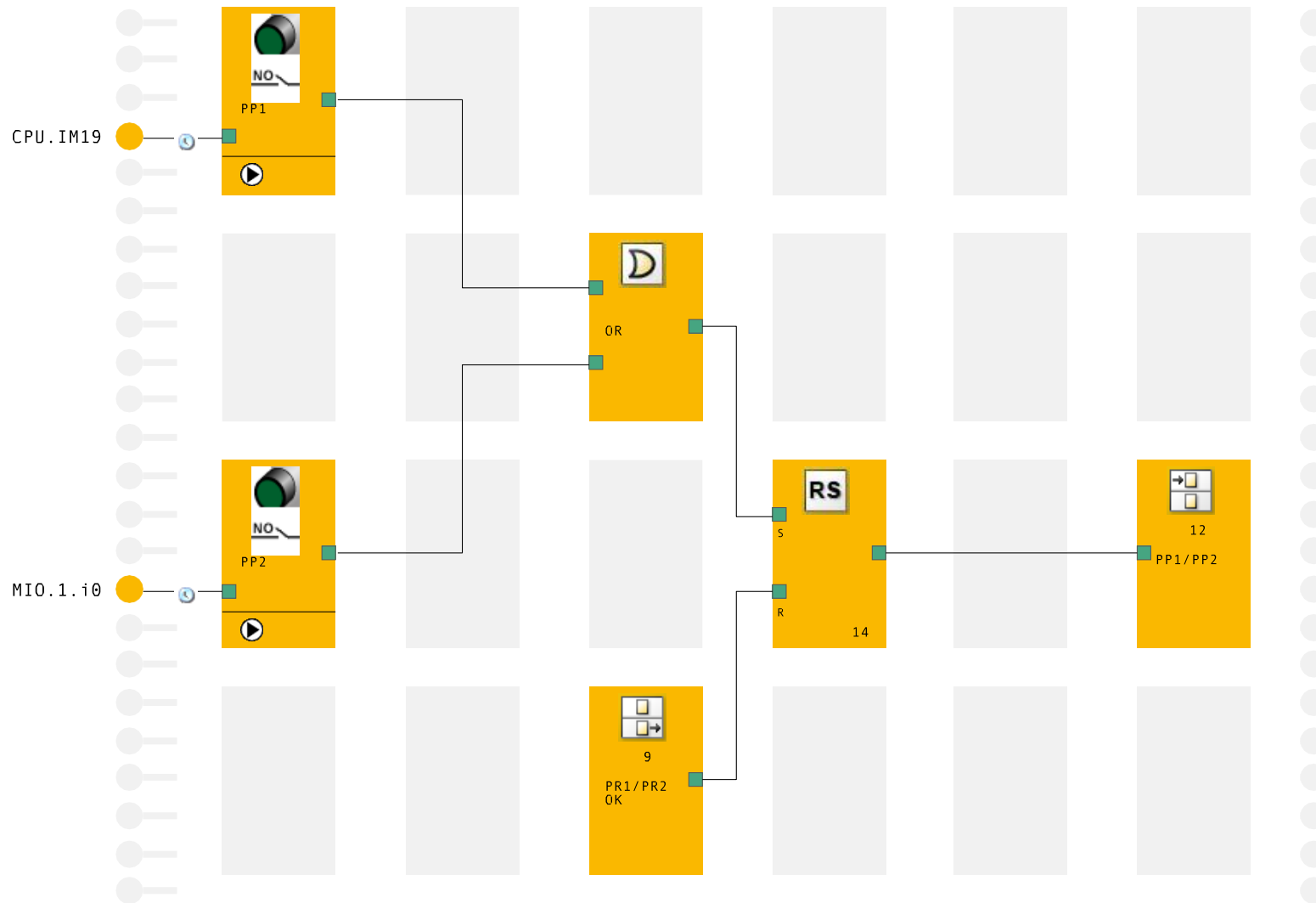


Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 3 of 8) Cortina OK

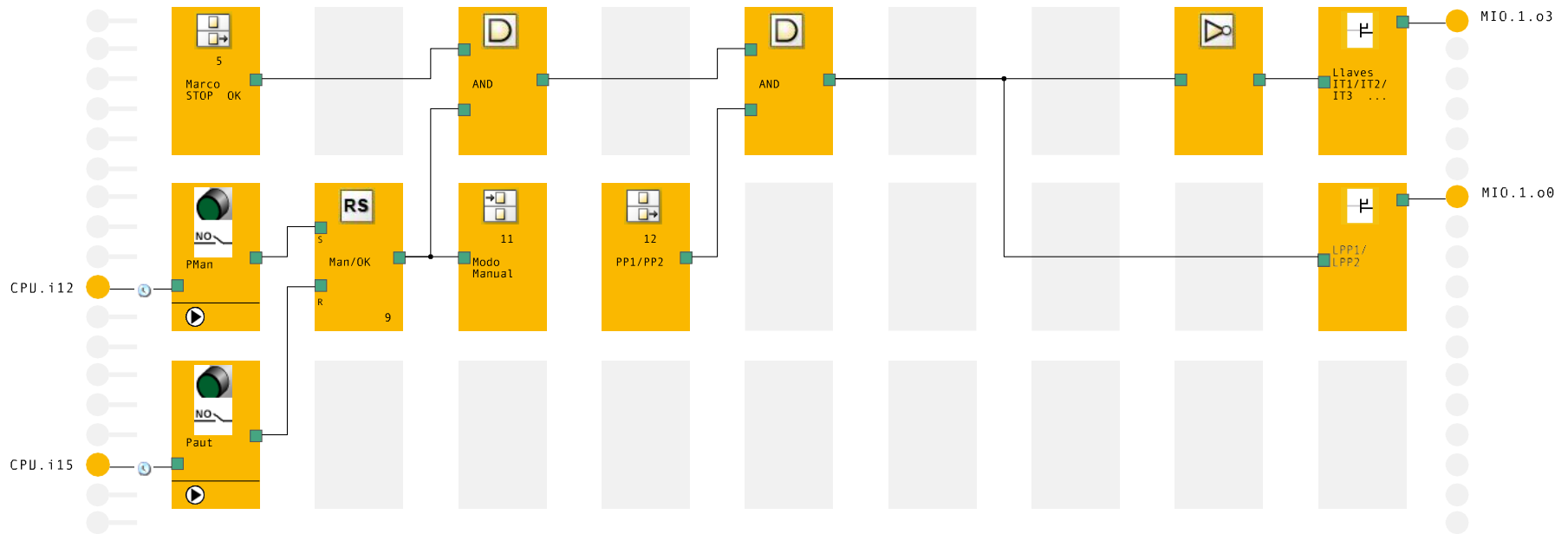




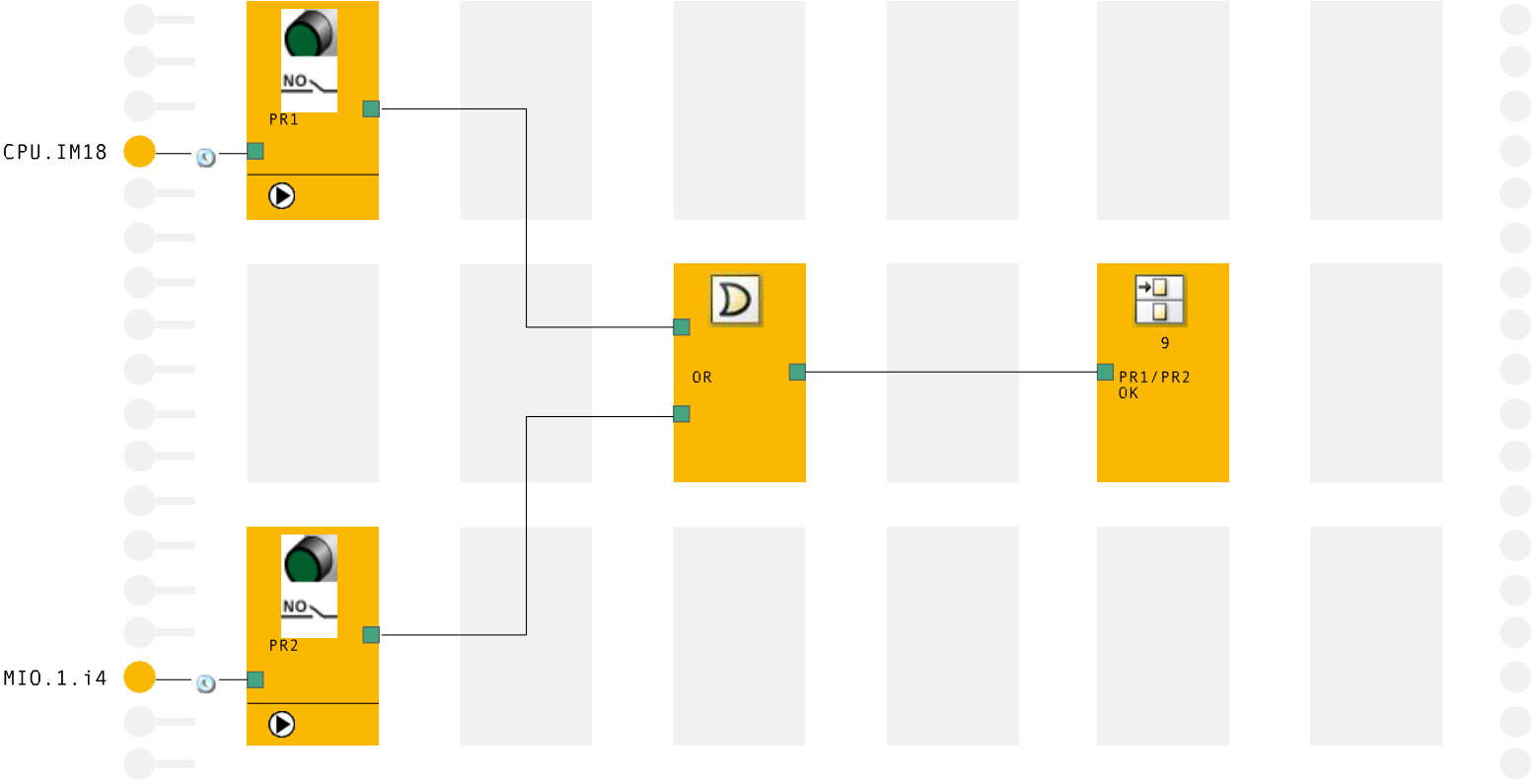
Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 5 of 8) Permisivos



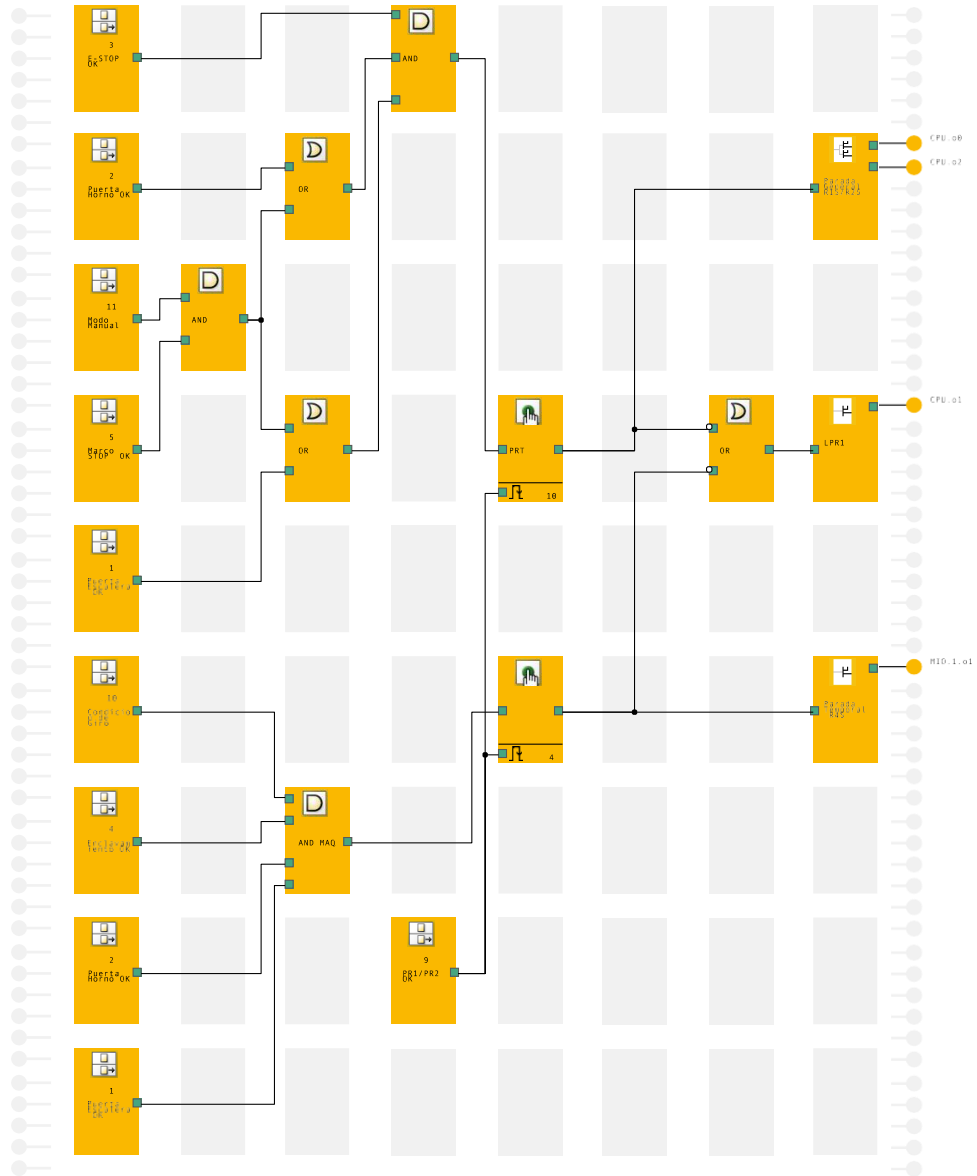
Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 6 of 8) Lógica de Apertura P



Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 7 of 8) Pulsadores de Reset



Informe PNOZmulti Espacio de trabajo: Programa principal (Página 8 of 8) MAQUINA BROWN1 OK



Informe PNOZmulti Lista de asignaciones: Programa principal

| E/S | Comentario | Descripción de la ubicación | Tacto de prueba | Información de bit | Pulse Suppression | Open circuit |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------|
| CPU.IM0 | | | T0 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.IM1 | | | T1 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.IM2 | | | T0 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.IM3 | | | T1 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i4 | | | T2 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i5 | | | T3 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i6 | | | T2 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i7 | | | T3 (CPU) | NO | - | - |
| CPU.i8 | | | T0 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i9 | | | T1 (CPU) | NO | - | - |
| CPU.i10 | | | T2 (CPU) | NC | - | - |
| CPU.i11 | | | T3 (CPU) | NO | - | - |
| CPU.i12 | | | - | NO | - | - |
| CPU.i13 | | | - | NC | - | - |
| CPU.i14 | | | - | NC | - | - |
| CPU.i15 | | | - | NO | - | - |
| CPU.IM16 | | | - | NC | - | - |
| CPU.IM17 | | | - | NC | - | - |
| CPU.IM18 | | | - | NO | - | - |
| CPU.IM19 | | | - | NO | - | - |
| CPU.o0 | | | - | | - | - |
| CPU.o1 | | | - | | - | - |
| CPU.o2 | | | - | | - | - |
| MIO.1.i0 | | | - | NO | - | - |
| MIO.1.i1 | | | T0 (CPU) | NC | - | - |
| MIO.1.i2 | | | T1 (CPU) | NC | - | - |
| MIO.1.i4 | | | - | NO | - | - |
| MIO.1.i6 | | | T0 (CPU) | NC | - | - |
| MIO.1.i7 | | | T1 (CPU) | NC | - | - |
| MIO.1.o0 | | | - | | - | - |
| MIO.1.o1 | | | - | | - | - |
| MIO.1.o3 | | | - | | - | - |
| Punto de conexión 1 | Puerta Escalera OK | | | | | |

Informe PNOZmulti Lista de asignaciones: Programa principal

| E/S | Comentario | Descripción de la ubicación | Tacto de prueba | Información de bit | Pulse Suppression | Open circuit |
|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Punto de conexión 2 | Puerta Horno OK | | | | | |
| Punto de conexión 3 | E-STOP OK | | | | | |
| Punto de conexión 4 | Enclavamiento OK | | | | | |
| Punto de conexión 5 | Marco STOP OK | | | | | |
| Punto de conexión 8 | CTLZ OK | | | | | |
| Punto de conexión 9 | PR1/PR2 OK | | | | | |
| Punto de conexión 10 | Condicion de Giro | | | | | |
| Punto de conexión 11 | Modo Manual | | | | | |
| Punto de conexión 12 | PP1/PP2 | | | | | |

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - E/S de hardware : Programa principal

E/S

BMK

Página

Programa de usuario

| | | |
|----------|--|---|
| CPU.IM0 | | 1 |
| CPU.IM1 | | 1 |
| CPU.IM2 | | 1 |
| CPU.IM3 | | 1 |
| CPU.i4 | | 1 |
| CPU.i5 | | 1 |
| CPU.i6 | | 2 |
| CPU.i7 | | 2 |
| CPU.i8 | | 2 |
| CPU.i9 | | 2 |
| CPU.i10 | | 2 |
| CPU.i11 | | 2 |
| CPU.i12 | | 6 |
| CPU.i13 | | 3 |
| CPU.i14 | | 3 |
| CPU.i15 | | 6 |
| CPU.IM16 | | 3 |
| CPU.IM17 | | 3 |
| CPU.IM18 | | 7 |
| CPU.IM19 | | 5 |
| MIO.1.i0 | | 5 |
| MIO.1.i1 | | 2 |
| MIO.1.i2 | | 2 |
| MIO.1.i4 | | 7 |
| MIO.1.i6 | | 2 |
| MIO.1.i7 | | 2 |
| CPU.o0 | | 8 |
| CPU.o1 | | 8 |
| CPU.o2 | | 8 |
| MIO.1.o0 | | 6 |

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - E/S de hardware : Programa principal

| E/S | BMK | Página |
|----------|-----|--------|
| MIO.1.o1 | | 8 |
| MIO.1.o3 | | 6 |

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - ID de elemento : Programa principal

ID de elemento

BMK

Página

Programa de usuario

ID de elemento 1 - PE1

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: PE1 | PE1 | 1 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 2 - PE2

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: PE2 | PE2 | 1 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 3 - PE3

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: PE3 | PE3 | 1 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 4

| | | |
|-----------|--|---|
| Elemento: | | 8 |
|-----------|--|---|

ID de elemento 5 - IT1

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: IT1 | IT1 | 2 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 6 - IT2

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: IT2 | IT2 | 2 |
|---------------|-----|---|

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - ID de elemento : Programa principal

ID de elemento

BMK

Página

ID de elemento 7 - IT3

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: IT3 | IT3 | 2 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 8 - IM1

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: IM1 | IM1 | 2 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 9 - Man/OK

| | | |
|------------------|--------|---|
| Elemento: Man/OK | Man/OK | 6 |
|------------------|--------|---|

ID de elemento 10 - PRT

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: PRT | PRT | 8 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 11

| | | |
|-----------|--|---|
| Elemento: | | 3 |
|-----------|--|---|

ID de elemento 12 - IM2

| | | |
|---------------|-----|---|
| Elemento: IM2 | IM2 | 2 |
|---------------|-----|---|

ID de elemento 14

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - ID de elemento : Programa principal

ID de elemento

BMK

Página

| | | |
|-----------|--|--|
| Elemento: | | |
|-----------|--|--|

5

Informe PNOZmulti Referencia cruzada - Tactos de prueba : Programa principal

Tactos de prueba

BMK

Página

Tacto de prueba 0

| | | |
|----------|--|---|
| CPU.IM2 | | 1 |
| CPU.IM0 | | 1 |
| CPU.i8 | | 2 |
| MIO.1.i1 | | 2 |
| MIO.1.i6 | | 2 |

Tacto de prueba 1

| | | |
|----------|--|---|
| CPU.IM3 | | 1 |
| CPU.IM1 | | 1 |
| CPU.i9 | | 2 |
| MIO.1.i2 | | 2 |
| MIO.1.i7 | | 2 |

Tacto de prueba 2

| | | |
|---------|--|---|
| CPU.i10 | | 2 |
| CPU.i6 | | 2 |
| CPU.i4 | | 1 |

| | | |
|---------|--|---|
| CPU.i11 | | 2 |
| CPU.i7 | | 2 |
| CPU.i5 | | 1 |